

Typy złocień i mineralogia farb
w wybranych obrazach sztalugowych
z XVII i XVIII wieku
z rejonu dawnych Prus Królewskich

BOŻENA SZMELTER-FAUSEK

Zakład Technologii i Technik Malarskich,
Wydział Sztuk Pięknych, UMK w Toruniu

e-mail: bozenasz@umk.pl

JUSTYNA OLSZEWSKA-ŚWIETLIK

Zakład Technologii i Technik Malarskich,
Wydział Sztuk Pięknych, UMK w Toruniu

e-mail: justolsz@umk.pl,

MACIEJ PAWLIKOWSKI

Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii,
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

e-mail: mpawlik@wp.pl

Keywords: gilding, mineralogy of pigments, easel paintings

Słowa kluczowe: złocenia, mineralogia farb, malarstwo sztalugowe

Abstract

Types of gilding and mineralogy of pigments in selected easel paintings from the 17th and 18th century from the region of the former Royal Prussia

The research presented in the article is aimed at recognizing the techniques of gilding in painting from the region of the former Royal Prussia (the paintings come from the present provinces: Pomeranian and Kuyavian-Pomeranian) in the seventeenth and eighteenth centuries on the basis of a selected representative paintings.

The analysis included 12 paintings: two epitaphs, two paintings by Anton Möller, two from his circle, dated to the 17th century and six paintings depicting protestant clergymen from the 18th century. The performed research of the materials used, with an attempt to clarify their characteristic features determined on the basis of mineralogical and geochemical tests will complement the knowledge on applied gilding techniques in the modern era in the present regions of Pomerania and Kujawy.

Abstrakt

Badania przedstawione w artykule mają na celu rozpoznanie techniki wykonania złocen w powstałych w XVII i XVIII wieku dziełach malarskich z terenu dawnych Prus Królewskich (obrazy pochodzą z obecnych województw: pomorskiego i kujawsko-pomorskiego) na podstawie wytypowanego reprezentatywnego zespołu obrazów. Grupę tę tworzy dwanaście dzieł: dwa epitafia, dwa obrazy autorstwa Antona Möllera, dwa obrazy związane z kręgiem oddziaływania jego sztuki datowane na wiek XVII oraz sześć portretów przedstawiających protestanckich duchownych z XVIII stulecia. Wykonane analizy użytych materiałów, z próbą doprecyzowania ich charakterystycznych cech ustalonych w wyniku badań mineralogicznych i geochemicznych, uzupełnią wiedzę na temat technik złotniczych stosowanych w epoce nowożytnej na terenach Pomorza i Kujaw.

Wstęp

W siedemnasto- i osiemnastowiecznym malarstwie gdańskim wykorzystywano farby charakteryzujące się bogactwem stosowanych minerałów. Wykonywano także złocenia, ograniczone jednak do pewnych elementów kompozycji. W przeciwieństwie bowiem do dzieł średniowiecznych, w których techniki złotnicze stosowano w szerokim zakresie, zdobiąc rozległe partie tła, szat, zbroi, naczyń i narzędzi walki, w malarstwie nowożytnym złocenia używano sporadycznie i jedynie w wybranych fragmentach obrazów. W malarstwie gdańskim w tym czasie złoczone były przede wszystkim nimby, promienie wokół przedstawień Chrystusa – głównie w scenach ukrzyżowania i Sądu Ostatecznego – oraz napisy. Do znaczących artystów wykorzystujących w swoich obrazach złoczone elementy należy zaliczyć Antona Möllera (1563/1565–1611) i Hermana Hana (1580–1626/1627). Sztuka tych mistrzów oddziaływała na mniej znaczące warsztaty malarskie z tego regionu, które czerpały wzory z dzieł budzących ówczesnie podziw i uznanie.

Badania przedstawione w artykule mają na celu rozpoznanie techniki wykonania złocen w powstałych w XVII i XVIII wieku dziełach malarskich z terenu dawnych Prus Królewskich (obrazy pochodzą z obecnych woje-

wództw: pomorskiego i kujawsko-pomorskiego) na podstawie wytypowanego reprezentatywnego zespołu obrazów. Grupę tę tworzy dwanaście dzieł: dwa epitafia, dwa obrazy autorstwa Antona Möllera, dwa obrazy związane z kręgiem oddziaływania jego sztuki datowane na wiek XVII oraz sześć portretów przedstawiających protestanckich duchownych z XVIII stulecia. Wykonane analizy użytych materiałów, z próbą doprecyzowania ich charakterystycznych cech ustalonych w wyniku badań mineralogicznych i geochemicznych, uzupełnią wiedzę na temat technik złotniczych stosowanych w epoce nowożytnej na terenach Pomorza i Kujaw.

Przedmiot badań

Do badań wytypowano dwanaście obrazów¹ (**tablica 1**). Dziesięć było przeznaczonych dla kościołów i budynków użyteczności publicznej w Gdańsku, jeden obraz pochodzi z Torunia i jeden z niewielkiej wsi Pieniążkowo koło Gniewa.

Badania rozpoczęto od analizy techniki złocień na epitafium Jacoba Schadiusa, datowanym na rok 1588, z kaplicy Zbawiciela w kościele Mariackim w Gdańsku². Złocenia wykonano w miejscu liter napisu inskrypcyjnego na ozdobnej ramie (nr kat. 1).

Następnie przebadano *Grosz czynszowy* namalowany przez Antona Möllera w 1601 roku – jedno z dwóch zachowanych do dzisiaj dzieł z cyklu czterech obrazów przeznaczonych do Sali Podatkowej ratusza Głównego Miasta Gdańska. Złoczone są na nim promienie wokół głowy Chrystusa (il. 1) (nr kat. 2). Trzeci obraz, *Święty Mateusz*, należy do pochodzącego z kościoła pw. św. Jana Chrzyciciela w Pieniążkowie cyklu przedstawień apostołów. Zachowane do dziś cztery obrazy – wizerunki św. Andrzeja, św. Jakuba, św. Jana i św. Mateusza – są eksponowane w Muzeum Diecezjalnym w Pelplinie. Obraz ze św. Mateuszem jest sygnowany *ANTONI MÖLLER* i na tej podstawie cały cykl błędnie przypisano Antonowi Möllerowi, a za datę powstania dzieł przyjęto

¹ Część prac badawczych była finansowana ze środków na naukę: w latach 2006–2009 jako projekt badawczy własny N 10503731/3704 – nr kat. 1, 6; w latach 2011–2013 ze środków Narodowego Centrum Nauki grant promotorski Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N105 430940 – nr kat. 2; w latach 2011–2014 ze środków NCN, MNiSzW nr NN 204 370340 – nr kat. 3, 4.

² Justyna Olszewska-Świetlik, *Technologia i technika malarska wybranych nowożytnych epitafiów z bazyliki Mariackiej w Gdańsku* (Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2009), 86.

rok 1590³. Obrazy zostały wykonane na początku XVII wieku w lokalnym warsztacie znajdującym się w kręgu oddziaływania malarstwa Antona Möllera. We wszystkich obrazach wyłożono aureole i napisy z imionami świętych umieszczone w górnej części tła. Próbkę ze złoceniami pobrano z litery „T” w imieniu św. Mateusza (nr kat. 3). Czwarty obraz – *Sąd Ostateczny* – ze względu na zawarte w nim treści ikonograficzne i podobieństwa stylowe również jest wiązany z pracownią Antona Möllera⁴. Dzieło mogło powstać w latach 1602–1603, kiedy ceniony gdański malarz przebywał w Toruniu wykonując poważne zlecenie, jakim była dekoracja plafonu Sali Rady w ratuszu (wszystkie dzieła malarskie niestety spłonęły w pożarze w 1703 roku)⁵. Złocenia mają formę promieni wokół postaci Archanioła Michała (nr kat. 4). Kolejno badano *Ukrzyżowanie* (1609–1611) (nr kat. 5) z kościoła św. Katarzyny w Gdańsku – obraz autorstwa Antona Möllera i jego warsztatu malarskiego – oraz zaliczany do kręgu tego artysty obraz z epitafium Hansa Gronaua (1612) z kościoła Mariackiego w Gdańsku (nr kat. 6), w którym złote promienie tworzą złotą glorię wokół głowy Michała Archanioła⁶. Analizą objęto również złocenia występujące w cyklu sześciu portretów pastorów datowanych na wiek XVIII⁷ – wykonano je w miejscu inskrypcji (nr kat. 7–12).

Anton Möller jest zaliczany do czołowych gdańskich artystów XVII wieku. Urodził się w Królewcu około 1563/1565 roku, zmarł w Gdańsku w roku 1611. Malował głównie portrety patrycjuszy gdańskich i toruńskich, obrazy alegoryczne i epitafijne oraz sceny rodzajowe przedstawiające życie miej-

³ *Słownik artystów polskich i obcych w Polsce działających. Malarze, rzeźbiarze, graficy*, red. Jolanta Maurin-Białostocka et al., t. 7, Instytut Sztuki Polskiej Akademii Nauk, Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich, 1971), 623–624. Ostatnie badania autorek wykazały, że cykl obrazów powstał w kręgu oddziaływania artystycznego Antona Möllera, zob. Bożena Szmelter-Fausek i Justyna Olszewska-Świetlik, „Badania warsztatu malarskiego obrazu ze św. Mateuszem z początku XVII w. z kościoła w Pieniążkowie” (referat na konferencji „Stare i nowe dziedzictwo Torunia, Bydgoszczy i regionu”, Toruń, 7–8 kwietnia 2017).

⁴ Anna Mosingiewicz, „Antoni Möller (ok. 1563–1611) malarz”, [w:] *Artyści w dawnym Toruniu*, red. Józef Poklewski (Warszawa, Poznań, Toruń: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1985), 50; Tadeusz Łebiński, „Nowe zabytki w kościele św. Jakuba”, *Słowo Pomorskie*, 1938, nr 214 (18 IX), 4. [cyt. za Mosingiewicz, „Antoni Möller”, 50]

⁵ Łebiński, „Nowe zabytki”, cyt. za Mosingiewicz, „Antoni Möller”, 50.

⁶ Olszewska-Świetlik, *Technologia*, 143.

⁷ Justyna Olszewska-Świetlik, *Gdański warsztat malarski schyłku XVII i w XVII wieku na przykładach wybranych portretów przedstawiających protestanckich duchownych* (Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2010), 74–81.

skie, często na tle panoramy Gdańska⁸. Najbardziej znanym jego dziełem jest zaginiony w czasie drugiej wojny światowej monumentalny *Sąd Ostateczny*, namalowany w latach 1602–1603 dla Dworu Artusa w Gdańsku; obraz ten był inspiracją dla wielu warsztatów malarskich działających na terenie Pomorza. Ceniony jest także cykl czterech obrazów namalowanych do Sali Podatkowej ratusza Głównego Miasta Gdańska (1601–1602) i ołtarz z obrazami *Ostatnia Wieczerza* i *Ukrzyżowanie* (1609–1611) wykonanymi pod koniec życia artysty. Do dzieł wywodzących się z warsztatu Möllera zaliczany jest *Sąd Ostateczny* (1603) z kościoła św. Jakuba w Toruniu oraz obraz z epitafium Hansa Gronaua (1612) w kościele Mariackim w Gdańsku⁹.

Cel, materiał i metody badawcze

Badania miały na celu rozpoznanie technologii i techniki pozłoty, warstwy malarskiej i zaprawy, czyli warstw, na których wykonano złocenia. Analizowano skład chemiczny warstw złocen oraz zaprawy i warstw malarskich powiązanych ze złoceniami.

Badaniami objęto dwanaście próbek pobranych ze złocen. Przed podjęciem decyzji o miejscu pobrania próbek wykonano analizy lic obrazów w świetle widzialnym, rozproszonym i skośnym, w podczerwieni (IR) oraz fluorescencji wzbudzonej ultrafioletem (UV). Próbkę przebadano za pomocą następujących metod: mikrochemicznej, mikroskopowej analizy w świetle VIS i UV, fluorescencyjnej spektroskopii rentgenowskiej XRF¹⁰. W dalszym etapie przygotowano jedenaście przekrojów poprzecznych: próbki zatopiono w żywicy „Duracryl Plus” prod. Spofa Dental – Czechy, wyszlifowano papie-

⁸ Walter Gyßling, *Anton Möller und seine Schule. Ein Beitrag zur Geschichte der niederdeutschen Renaissance-malerei* (“Studien zur deutschen Kunstgeschichte”, Bd. 197) (Straßburg: Heitz, 1917), 96–101.

⁹ Drugi czołowy artysta na Pomorzu, Hermann Han (1580–1627/1628), prowadził dwa warsztaty malarskie: w Gdańsku i w Chojnicach. Sławę przyniosły mu zwłaszcza obrazy do ołtarzy w katedrach w Pelplinie i w Oliwie, m. in. *Wniebowzięcie NMP* i predella *Pokłon pasterzy* (1618), *Koronacja NMP* (1624), *Trójca św.* i predella *Koncert anielski*. Do złocenia w centralnej części *Koncertu* użyto tzw. złotej farby, czyli złotego proszku zmieszanego z wytrawą olejno-żywiczną. Złocenia występują także w należącym do cyklu pasyjnego obrazie w ambicie katedry w Oliwie; za Bożena Szmelter-Fausek, “Gdański warsztat malarski ostatniej ćwierci XVI i pierwszej połowy XVII w. na przykładzie twórczości Antona Möllera (1563/5–1611) i Hermanna Hana (1580–1627/8)”, praca doktorska pod kierunkiem prof. dr hab. Justyny Olszewskiej-Świątek, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu, Toruń 2013, wydruk komputerowy dostępny w archiwum biblioteki UMK, 117–122.

¹⁰ Badania za pomocą fluorescencyjnej spektroskopii rentgenowskiej XRF wykonał mgr Adam Cupa w Zakładzie Technologii i Technik Malarskich UMK.

rem ściernym o granulacji od 300 do 2000¹¹. Przekroje poprzeczne analizowano przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej ze spektrometrią dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (SEM-EDS). Przy analizie próbek z obrazów nr kat. 1 i 5 posłużono się skaningowym mikroskopem elektronowym JEOL JSM-6380, LA z mikrosondą elektronową, a przy badaniu próbek z obrazów nr kat. 2, 6–12 – skaningowym mikroskopem elektronowym produkcji LEO Electron Microscopy Ltd, Anglia, model 1430 VP z 2001 roku, wyposażonym w spektrometr rentgenowski Quantax 200 z detektorem XFlash 4010 produkcji Bruker AXS, Niemcy, z 2008 roku¹². Badania SEM-EDS wraz z analizą mineralogiczną przeprowadzono dla próbek z obrazów nr kat. 2, 3, 4; analizy ich składu pierwiastkowego w mikroobszarze wykonano za pomocą mikroskopu elektronowego Jeol 540 oraz skaningowego mikroskopu FEI QUANTA 200 FEG¹³. Wstępne oznaczenia miały charakter półilościowy i ujawniły obszary występowania interesujących nas pierwiastków. Miejsca na przekrojach próbek, które analizowano, zaznaczono na mikrofotografiach (SEM). Analizy szczegółowe miały charakter ilościowy. Badania realizowano w trybie *low vacuum*¹⁴. Badania metodą SEM-EDS wykorzystano do obserwacji morfologii warstw malarskich na przekrojach. Dokonano pomiarów grubości warstw malarskich i wielkości ziaren pigmentów mineralnych będących nośnikami barw w poszczególnych farbach. Wyniki pomiarów uśredniono i zestawiono w formie tabelarycznej oraz na wykresach.

Interpretacja wyników

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań zidentyfikowano skład zapraw i warstwy malarskiej oraz rodzaj zastosowanych folii złotniczych (**tablica 1**).

¹¹ Dla *Portretu pastora Johanna Beniamina Dragheima*, nr kat. 12, przeprowadzono analizy jedynie na próbce w proszku, gdyż nie było możliwe wykonanie przekroju z pobranej niewielkiej ilości materiału.

¹² Badania SEM-EDS były przeprowadzane w ciągu kilku lat przez różnych autorów: dla obrazów nr kat. 1, 5 wykonał je mgr M. arek Wróbel, Pracownia Mikroskopii Elektronowej i Mikroanalizy, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski; nr kat. 2 – dr Grażyna Szczepańska, nr kat. 6–12 – dr Grzegorz Trykowski, Pracownia Analiz Instrumentalnych, Wydział Chemii UMK.

¹³ Badania dla obrazów nr kat. 2, 3 i 4 wykonał prof. dr hab. inż. Maciej Pawlikowski wraz z zespołem, Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

¹⁴ Badania wykonał prof. dr hab. inż. Maciej Pawlikowski wraz z zespołem, Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

W próbce pobranej z inskrypcji na ramie pierwszego z badanych obrazów – epitafium Jacoba Schadiusa (nr kat. 1) – zidentyfikowano pięć warstw¹⁵. Analiza SEM-EDS wykazała obecność następujących pierwiastków: C, O, Na, Al, Si, Cl, K, Ca, Fe, Au, Pb. W składzie zaprawy potwierdzono udział kredy CaCO_3 . Na zaprawie występuje szara warstwa malarska o składzie: czerń roślinna i biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$, na którą położono białą olejno-żywiczną warstwę podkładową z bieli ołowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ i wykonano złocenie płatkami złota (Au).

W obrazie *Grosz czynszowy* (nr kat. 2) zidentyfikowano sześć warstw i wykonano dziesięć analiz punktowych (il. 1–2). W warstwie zaprawy wykryto Ca, co potwierdza obecność kredy CaCO_3 . W warstwie białej imprimatury zidentyfikowano ołów (Pb) wskazujący na użycie bieli ołowiowej. Warstwa zaprawy i imprimatury mają razem około 17,4 μm grubości. Kolejną warstwę brązowego podmalowania o grubości około 7,3 μm uzyskano z pigmentów zawierających w swoim składzie następujące pierwiastki: Pb, Fe, Al, Si, Co, Ca, As. W tej warstwie zidentyfikowano: biel ołowiową $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$, smaltę $\text{CoO} \times n\text{K}_2\text{SiO}_3$ oraz naturalną żółtą ochrę. Kolejna rozpoznana warstwa malarska, barwy czerwonej i grubości około 7 μm , zawiera pierwiastki Pb, Sn, Hg, S wskazujące na zastosowanie cynobru sztucznego HgS oraz żółcieni cynowo-ołowiowej 2PbOxSnO_2 , a także domieszki pierwiastków: Na, Mg, Al, Si, Ca, Fe wskazujące na zastosowanie ochry naturalnej i pigmentów ziemnych (il. 3: e, f). Piąta, żółta warstwa podkładowa (tzw. żółta farba) o grubości około 7,1 μm zawiera Pb, Sn, Hg, S, co wskazuje na żółcień cynowo-ołowiową oraz cynober (il. 2)¹⁶. Ostatnią, szóstą warstwę tworzy złota folia (il. 2–3).

Na przekroju poprzecznym próbki pobranej z obrazu *Święty Mateusz* (nr kat. 3), w którym stwierdzono występowanie pięciu warstw technologicznych, wykonano siedem analiz punktowych (il. 6–7). W pierwszej warstwie, o grubości około 15,1 μm , wykryto Ca, Pb wskazujące na obecność w zaprawie kredy CaCO_3 z dodatkiem bieli ołowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$. Przeanalizowano również ziarno cynobru HgS (il. 7: h) oraz glinokrzemian potasu – leucyt (il. 7: f). W warstwie szarego podmalowania zidentyfikowano Pb i przypisano go bieli ołowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$, czarny pigment organiczny – czerń roślinną określono za pomocą badań mikroskopowych w świetle VIS. Jasnosza-

¹⁵ Olszewska-Świetlik, *Technologia*, 87, il. 75.

¹⁶ Na temat techniki złocenia na tzw. żółtą farbę zob. Józef Flik i Katarzyna Wantuch, „Złocenie ‘farbami złotymi’ według Manuskryptu Strasburskiego (MS) z około 1400 roku”, *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo* 30 (1998): 3–57.

rą warstwę podmalowania wykonano przy użyciu bieli ołowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ z mniejszym udziałem czerni roślinnej w farbie i być może z dodatkiem fluorytu. Domieszki platyny i srebra pochodzą prawdopodobnie z warstwy złota¹⁷ (il. 7: d). Obie warstwy mają grubość około 9,3 μm . Na jasnoszarą warstwę położono czerwoną warstwę emulsyjną o grubości około 14,9 μm , w składzie której wykryto Pb, Fe, Ca, Al, Hg, Pt, Mg. Pierwiastek Pb wskazuje na biel ołowiową $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$, a Hg na cynober HgS. Z kolei Fe, a także domieszki Al pochodzą od hematytu ze śladami Mg, czyli od czerwieni żelazowej, której użyto jako podkładu pod płatki złota. Pierwiastek platyna to prawdopodobnie domieszka pochodząca ze złota¹⁸ (il. 7). W warstwie złocen są oryginalne płatki złota oraz wtórne, pochodzące prawdopodobnie z ostatniej konserwacji, stąd jej dość duża grubość (około 6,5 μm). Złoto jest zanieczyszczone klejem organicznym (il. 7: e).

Próbka z obrazu *Sąd Ostateczny* (nr kat. 4) ma pięć warstw technologicznych. Zidentyfikowano trzy warstwy zaprawy: brązową o grubości około 10,2 μm , szarą – około 9,1 μm i ciemnoszarą – około 11 μm , a także czerwoną (około 9,5 μm) i żółtą warstwę malarską, na którą położono płatki złota (żółta warstwa wraz ze złoceniami ma około 9,6 μm grubości). Wykonano pięć analiz punktowych SEM-EDS (il. 10–11). Żółta warstwa zaprawy zawiera pierwiastki C, O, Ca, Mn, Fe wskazujące na kredę, żółcień i umbrę żelazową pochodzenia naturalnego (il. 11: d). W szarej warstwie na podstawie obecności Pb zidentyfikowano biel ołowiową $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$, a w wyniku analizy mikroskopowej czerni roślinną. Dla uzyskania ciemnoszarej warstwy do mieszaniny dodano większej ilości czerni roślinnej. W składzie czerwonej warstwy malarskiej wykryto Pb, Ca, Fe, K, Al, Mg. Duża zawartość Pb wskazuje na użycie minii PbO i bieli ołowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$. Widoczne w czerwonej warstwie duże ciemnoczerwone ziarna są czerwinią żelazową pochodzenia naturalnego, na co wskazuje obecność Fe, K, Al i Mg (il. 11: b). Analizy przeprowadzone w warstwie złocen wskazują na obecność Cu i Pb. Nie zidentyfikowano złota Au za pomocą metody SEM-EDS – prawdopodobnie jeden punkt wykonania analizy był niewystarczający. Ogląd obrazu pozwala stwierdzić, że pierwotnie zdobiły go płatki złota. W żółtej warstwie zidentyfikowano związki miedzi Cu i ołowiu Pb, co świadczy o obecności

¹⁷ Platyna i srebro pochodzą z warstwy złota, cząstki metalu przemieściły się w trakcie szlifowania próbki, widać to wyraźnie na mikrofotografii przekroju próbki.

¹⁸ Zob. przypis 17; Piotr Rudniewski, *Pigmenty i ich identyfikacja* (ASP, Skrypt nr 13, Warszawa: Akademia Sztuk Pięknych, 1994), 101.

wtórnych płatków miedzianych naklejonych prawdopodobnie na wytrawę olejną (mikstion?) (il. 11: c).

W obrazie *Ukrzyżowanie* (nr kat. 5) zidentyfikowano dwie warstwy zaprawy: żółtą i różową, błękitne podmalowanie oraz złocenia, które ponownie przykryto farbą błękitnego podmalowania. Próbkę z tego obrazu, czyli pobraną łuskę przed wykonaniem przekroju przebadano jedynie za pomocą spektrometru XRF, następnie zatopiono w żywicy i wypolerowano¹⁹. Po zinterpretowaniu wyników rentgenowskiej analizy spektralnej oraz wykonanych badań mikrochemicznych stwierdzono, że próbka zawiera żółtą zaprawę uzyskaną z kredy i żółcieni żelazowej, różową zaprawę z czerwieni żelazowej i dodatku bieli ołowiowej i kredy oraz błękitną warstwę, w której zidentyfikowano smaltę i biel ołowiową. Błękitną warstwę malarską pokryto wytrawą olejną, na nią zaś nałożono płatki złota.

Złożoną glorię wokół postaci Archanioła Michała na obrazie z epitafium Hansa Gronaua (nr kat. 6) wykonano na czerwonej warstwie podkładowej składającej się ze spoiwa olejno-żywicznego oraz minii, pigmentów żelazowych, smalty i niewielkiego dodatku kredy²⁰. Na przekroju poprzecznym próbki zaobserwowano dwie warstwy zaprawy: białą, w której zidentyfikowano kredę, oraz brązową, złożoną z minii, czerni roślinnej, smalty i kredy. Za pomocą analizy SEM-EDS wykryto następujące pierwiastki: Al, Si, K, Ca, Fe, Au, Pb.

Następnie przeprowadzono badania sześciu portretów pastorów. Analizy pobranych z nich próbek wykazały, że namalowano je na czerwonej zaprawie uzyskanej z glinki żelazistej pochodzenia naturalnego, kredy, czerni roślinnej (nr kat. 7–12). W obrazach nr kat. 8–12 dodatkowo występuje żółcień ołowiowa – glejta, a w obrazach nr kat. 11 i 12 także biel ołowiowa.

W próbkę z *Portretu pastora Ephraima Kerstena* (nr kat. 7) na czerwonej zaprawie zidentyfikowano czarną warstwę malarską z czerni roślinnej i bieli

¹⁹ Badania stratygraficzne, mikrochemiczne i analizę spektralną metodą XRF próbek pobranych z obrazu *Ukrzyżowanie* wykonał mgr Adam Cupa w Zakładzie Technologii i Technik Malarskich UMK na zlecenie Muzeum Narodowego w Gdańsku i klasztoru O.O. Karmelitów, zob. A. Cupa, „Badania próbek warstw malarskich”, w Małgorzata Wojewódzka et al., „Dokumentacja prac konserwatorskich i restauratorskich. Pięć obrazów z ołtarza głównego, Anton Möller, Izaak van den Blocke, 1607–11, Kościół św. Katarzyny w Gdańsku” (dokumentacja konserwatorska, Gdańsk 2009, Muzeum Narodowe w Gdańsku).

²⁰ Justyna Olszewska-Świetlik, „Zagadnienia warsztatu malarskiego epitafium Gronau z Bazyliki Mariackiej w Gdańsku”, *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo* 38 (2010): 133; Flik i Wantuch, „Złocenie”, 11–24.

ołowiowej. Na warstwie tej położono olejno-żywiczną żółtą warstwę podkładową składającą się z żółtych i czerwonych pigmentów żelazowych pochodzenia naturalnego, na którą naklejono płatki złota. Analiza SEM-EDS wykazała obecność Ca, Ba, Hg, Fe, Si, Au.

W ósmym obrazie – *Portrecie pastora Teophilusa Jungiusa* (nr kat. 8) – analiza SEM-EDS wykazała bardziej złożony skład pierwiastkowy: obecność O, C, Na, Al, Si, S, K, Ca, Fe, Ba, Au, Hg, Pb. Na czerwoną zaprawę nałożono czarną warstwę malarską z czerni roślinnej i bieli ołowiowej. Warstwa podkładowa pod złocenia zawiera w składzie cynober, minię i biel ołowiową.

W *Portrecie pastora Daniela Schmidta* (nr kat. 9) na czerwonej zaprawie występuje brązowa warstwa z czerwieni pochodzenia naturalnego, czerni roślinnej i bieli ołowiowej. Żółte płatki naklejono na warstwę, w której składzie zidentyfikowano żółty pigment żelazowy pochodzenia naturalnego i żółcień ołowiową – glejtę.

Próbka z *Portretu pastora Michaela Ulmitza* (nr kat. 10) ma następujący skład pierwiastkowy: Fe, Mn, Ca, Pb, Au. Bezpośrednio na czerwonej zaprawie położono białą farbę podkładową z bieli ołowiowej. Natomiast *Portret pastora Joannesa Falcta* (nr kat. 11) ma dwie warstwy: brązową uzyskaną ze zmieszania czerwieni żelazowej, czerni roślinnej i bieli ołowiowej oraz czarną z czerni roślinnej. Warstwa podkładowa jest koloru żółtego, ponieważ użyto żółcień ołowiowej – glejty i minii.

W ostatnim obrazie – *Portrecie pastora Johanna Beniamina Dragheima* (nr kat. 12) – zidentyfikowano Ca, Fe, Pb, Au. Stwierdzono, że czarna warstwa malarska zawiera czerni roślinną, a żółta warstwa podkładowa składa się z żółcień ołowiowej – glejty oraz czerwieni żelazowej pochodzenia naturalnego.

Wnioski i dyskusja

W wyniku przeprowadzonych badań próbek pobranych z dwunastu pomorskich obrazów z XVII i XVIII wieku poznano technikę i technologię zastosowanych w nich złocień oraz bezpośrednio z nimi powiązanych warstwy malarskiej i zaprawy.

Zidentyfikowano materiały malarskie użyte przez artystów. Badania wykazały, że obrazy namalowano na różnych zaprawach: w kolorze białym, żółtym, różowym, czerwonym, brązowym i szarym. Ponieważ, jak stwierdzono, we wszystkich obrazach złocenie wykonano nie bezpośrednio na zaprawie,

lecz na warstwach malarskich, rodzaj zaprawy nie odgrywał istotnej roli w technice złocen. Do przyklejenia płatków złota posłużyły warstwy podkładowe ze spoiwem olejno-żywicznym.

Pomiary grubości wykazały, że średnia grubość warstwy złota w badanych obrazach waha się od 2,4 do 4,1 μm (0,002–0,004 mm). Grubość zaprawy i warstw malarskich wynosi od około 5 do 15,1 μm (il. 4, 8, 12). Wykonano także pomiary wielkości ziaren pigmentów w poszczególnych warstwach technologicznych wraz z pozłotą. Ich zawartość waha się od 15% do 35% objętości farby, resztę stanowi spoiwo. Obserwacje i pomiary mikroskopowe dowiodły, że średnia wielkość ziaren pigmentów obecnych w farbach jest niezwykle mała, sięga od kilku do kilkunastu mikronów (il. 5, 9, 13). Ponieważ nawet obecnie nie ma tak gęstych sit, można przypuszczać, że tak małe ziarna pigmentów mineralnych uzyskiwano metodą odmywania i sedymentacji. Pomiary wykazały także, że w większości punktów pomiarowych farby (czerwona, biała, fioletowa, żółta itd.) mają dużo grubsze ziarna pigmentów mineralnych niż w warstwie złota, gdzie wielkość okruchów metalu sięga maksymalnie do 2 μm .

Badania technologii i techniki złocen w obrazie *Grosz czynszowy* ukazały, że płatki złota naklejono na żółtą farbę podkładową o spoiwie olejno-żywicznym, w której składzie zidentyfikowano żółcień cynowo-ołowiową z domieszką cynobru. Nieco inną technikę zastosowano w obrazie *Święty Mateusz i Sąd Ostateczny*, gdzie złocenia położono na czerwony podkład o spoiwie emulsyjnym złożony z czerwieni żelazowej pochodzenia naturalnego, minii i dodatku bieli ołowiowej.

Zniszczone w *Sądzie Ostatecznym* oryginalne złocenie odnowiono nakładając miedziane płatki przyklejone na mikstion. Zabieg ten przeprowadzono prawdopodobnie podczas prac konserwatorskich w latach trzydziestych XX wieku²¹.

Innym dziełem, w którym Anton Möller zastosował złocenia, jest *Ukrzyżowanie*, obraz namalowany w latach 1609–1611 dla kościoła św. Katarzyny w Gdańsku. Złocenia występują w miejscu promienistych glorii wokół głowy Chrystusa. Wykonano je płatkami złota naklejonymi na wytrawę olejno-żywiczną niezawierającą pigmentów. Forma złoczonych promieni była dość często powtarzana przez naśladowców Möllera, dobrym przykładem jest obraz z epitafium Gronaua z Bazyliki Mariackiej w Gdańsku, a także *Sąd Ostateczny*

²¹ Lebiński, „Nowe zabytki”, za Mosingiewicz, „Antoni Möller”, 50.

z Torunia²². W epitafium technika pozłotnicza jest zbliżona do zastosowanej przez Antona Möllera w obrazie *Grosz czynszowy*, czyli wykorzystuje „złotą farbę” podkładową, składającą się ze spoiwa olejnego oraz minii, pigmentów żelazowych i niewielkiego dodatku kredy²³.

Złocenia w miejscu płomieni świec wprowadzono też w innych dziełach pomorskich tego okresu. Jest wśród nich przypisany warsztatowi Hermanna Hana obraz *Pokłon pasterzy*, eksponowany w ambicie katedry oliwskiej, oraz *Ostatnia Wieczerza*, predella nieznanego artysty z kościoła św. Bartłomieja w Gdańsku, namalowana w 1637 roku (obecnie w Muzeum Narodowym w Gdańsku). We fragmencie przeznaczonym pod złocenia wyżłobiono w zaprawie niewielką wklęsłość na kształt płomienia, którą następnie wyzłocono na wytrawę olejną. W obrazie Hana i w predelli z kościoła św. Bartłomieja użyto dłuta w kształcie litery „V”. W *Pokłonie pasterzy* z Oliwy na pozłocie namalowano knot ciemnoczerwoną farbą.

W *Konercie anielskim* Hermanna Hana, podobnie jak w *Groszu czynszowym* Antona Möllera, w centralnej części kompozycji występują złocenia na „złotą farbę”, jednak nie położono płatków złota, tylko złoty proszek zmieszany z wytrawą olejno-żywiczną²⁴.

W XVIII stuleciu złocenia wykonywano głównie w miejscu napisów inskrypcyjnych. Nakładano je na czerwoną lub żółtą farbę podkładową składającą się ze spoiwa olejno-żywicznego oraz mieszanin żółtych lub czerwonych pigmentów żelazowych pochodzenia naturalnego z dodatkiem między innymi minii, cynobru, żółcieni ołowiowej – glejty.

Korzystając z metody SEM-EDS określono skład chemiczny zarówno poszczególnych mikrowarstw malarskich, jak i ziaren pigmentów mineralnych znajdujących się w farbach o konkretnym kolorze. Na podstawie wyników analiz przeprowadzonych w wielu punktach przeliczono i rozpoznano konkretne minerały, których malarze używali do produkcji farb (przedstawiono je w tabelach i na wykresach dookreślających ilustracje). W dawnych czasach większość czynności związanych z ucieraniem farb była wykonywana

²² Olszewska-Świetlik, „Zagadnienia”, 133; Bożena Szmelter-Fausek i Justyna Olszewska-Świetlik, „The Study on Technology and Technique of the Painting ‘Last Judgement’ from St. James Church in Toruń”, w *Interdisciplinary Research on the Works of Art*, red. Justyna Olszewska-Świetlik, Joanna A. Arszyńska i Bożena Szmelter-Fausek (Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2012), 213.

²³ Olszewska-Świetlik, „Zagadnienia”, 133.

²⁴ Szmelter-Fausek, zob. przyp. 9, 117–122.

w warsztatach malarskich pod okiem mistrza kierującego pracownią, a procedury technologiczne ściśle strzeżone i owiane tajemnicą.

Analizy sposobów opracowania złoczeń wykazały, że malarze z Pomorza Gdańskiego stosowali je w ograniczonym zakresie, na przygotowanej wcześniej, wyschniętej warstwie malarskiej, korzystając z czterech wariantów techniki złoczenia na mat. Są to następujące metody:




- złoczenie na białą warstwę podkładową o składzie: biel ołowiowa, spoiwo olejno-żywiczne (nr kat. 1 – epitafium Jacoba Schadiusa, nr kat. 10 – *Portret pastora Michaela Ulmitza*);
- złoczenie na żółtą warstwę podkładową o spoiwie olejno-żywicznym i składzie: żółcień cynowo-ołowiowa/żółcień ołowiowa – glejta/żółcień żelazowa pochodzenia naturalnego/cynober/minia/czerwień żelazowa pochodzenia naturalnego (nr kat. 2 – *Grosz czynszowy*, nr kat. 7 – *Portret pastora Ephraima Kerstena*, nr kat. 9 – *Portret pastora Daniela Schmidta*, nr kat. 11 – *Portret pastora Joannesa Falcta*, nr kat. 12 – *Portret pastora Johanna Beniamina Dragheima*);
- złoczenie na czerwoną warstwę podkładową o spoiwie emulsyjnym (nr kat. 3–4) i olejno-żywicznym (nr kat. 6 – epitafium Hansa Gronaua, 8 – *Portret pastora Teophilusa Jungiusa*) i składzie: czerwony pigment żelazowy pochodzenia naturalnego/minia/cynober, biel ołowiowa, żółcień ołowiowa – glejta (nr kat. 3 – *Święty Mateusz*, nr kat. 4 – *Sąd Ostateczny*, nr kat. 6 – epitafium Hansa Gronaua (w tym obrazie także smalta), nr kat. 8 – *Portret pastora Teophilusa Jungiusa*);
- złoczenia na wytrawę olejno-żywiczną (nr kat. 5 – *Ukrzyżowanie*).

Omówione badania stanowią przyczynek do dalszych analiz dotyczących kształtowania się technologii i technik pozłotniczych w XVII i XVIII wieku na terenie Pomorza Gdańskiego. Otrzymane wyniki mogą być pomocne w pracach konserwatorskich i restauratorskich, między innymi przy wykonywaniu rekonstrukcji złoczeń na warstwach malarskich.




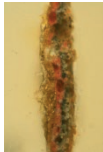
Bibliografia

- Flik, Józef, Wantuch, Katarzyna, „Złoczenie ‘farbami złotymi’ według Manuskryptu Strasburskiego (MS) z około 1400 roku”, *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo* 30 (1998)
- Gyßling, Walter, Anton Möller und seine Schule. Ein Beitrag zur Geschichte der niederdeutschen Renaissance-malerei („Studien zur deutschen Kunstgeschichte”, Bd. 197) (Straßburg: Heitz, 1917)




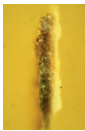


- Łebiniński, Tadeusz, „Nowe zabytki w kościele św. Jakuba”, *Słowo Pomorskie*, 1938, nr 214 (18 IX)
- Mosingiewicz, Anna, „Antoni Möller (ok. 1563–1611) malarz”, [w:] *Artyści w dawnym Toruniu*, red. Poklewski, Józef (Warszawa, Poznań, Toruń: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1985)
- Olszewska-Świetlik, Justyna, *Gdański warsztat malarski schyłku XVII i w XVII wieku na przykładach wybranych portretów przedstawiających protestanckich duchownych* (Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2010)
- Olszewska-Świetlik, Justyna, *Technologia i technika malarska wybranych nowożytnych epitafiów z bazyliki Mariackiej w Gdańsku* (Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2009).
- Olszewska-Świetlik, Justyna, „Zagadnienia warsztatu malarskiego epitafrum Gronau z Bazyliki Mariackiej w Gdańsku”, *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo* 38 (2010)
- Rudniewski, Piotr, *Pigmenty i ich identyfikacja* (ASP, Skrypt nr 13, Warszawa: Akademia Sztuk Pięknych, 1994)
- Słownik artystów polskich i obcych w Polsce działających. Malarze, rzeźbiarze, graficy*, red. Jolanta Maurin-Białostocka et al., t. 7, Instytut Sztuki Polskiej Akademii Nauk. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich, 1971)
- Szmelter-Fausek, Bożena, „Gdański warsztat malarski ostatniej ćwierci XVI i pierwszej połowy XVII w. na przykładzie twórczości Antona Möllera (1563/5–1611) i Hermana Hana (1580–1627/8)”, praca doktorska pod kierunkiem prof. dr hab. Justyny Olszewskiej-Świetlik, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK w Toruniu, Toruń 2013, wydruk komputerowy dostępny w archiwum biblioteki UMK, 117–122.
- Szmelter-Fausek, Bożena, Olszewska-Świetlik, Justyna, „The Study on Technology and Technique of the Painting ‘Last Judgement’ from St. James Church in Toruń”, w *Interdisciplinary Research on the Works of Art*, red. Olszewska-Świetlik, Justyna, Arsyńska, Joanna A., Szmelter-Fausek, Bożena (Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2012)
- Wojewódzka, Małgorzata, „Dokumentacja prac konserwatorskich i restauratorskich. Pięć obrazów z ołtarza głównego, Anton Möller, Izaak van den Blocke, 1607–11, Kościół św. Katarzyny w Gdańsku” (dokumentacja konserwatorska, Gdańsk 2009, Muzeum Narodowe w Gdańsku)

| Nr kat. | Tytuł obrazu | Datowanie | Próbka | Miejsce pobrania próbki ze złoceniami | Analiza SEM-EDX | Zaprawa / imprimatura | Warstwa malarska | Warstwa podkładowa pod złocenia | | Złocenia |
|---------|--|-----------|---|---------------------------------------|---|--|---|---------------------------------|---|-------------------|
| | | | | | | | | kolor | skład | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 |  <i>Epitafium</i> <i>Jacoba Schadtusa</i> | 1588 |  | napis – inskrypcja na ramie | Na, Al, Si, Cl, K, Ca, Fe, Au, Pb | biała zaprawa: kreda CaCO ₃ | szara warstwa malarska: czerw. roślinna, biel ołowiowa 2PbCO ₃ x Pb(OH) ₂ czarne przemalowanie: czerw. roślinna, biel ołowiowa 2PbCO ₃ x Pb(OH) ₂ | biała | biel ołowiowa 2PbCO ₃ x Pb(OH) ₂ | plaki złota Au |
| 2 | Grosz czynszowy, A. Möller | 1601 |  | promienie wokół głowy | C, O, Na, Al, Si, K, Ca, Fe, Co, As, Sn, Au, Pb, Cl | biała zaprawa: kreda CaCO ₃ , biała imprimatura: biel ołowiowa 2PbCO ₃ x Pb(OH) ₂ | brązowe podmalowanie: biel ołowiowa 2PbCO ₃ x Pb(OH) ₂ smalt CoO x nK ₂ SiO ₃ żółta ochra naturalna; czerwona warstwa malarska: cynober sztuczny HgS, żółcień cynowo-ołowiowa 2PbOxSnO ₂ ochra naturalna, pigmenty ziemne; żółta warstwa malarska: żółcień cynowo-ołowiowa 2PbOxSnO ₂ , cynober HgS | złota | tzw. złota farba: żółcień cynowo-ołowiowa 2PbOxSnO ₂ , cynober HgS, spoiwo olejno-żywiczne | plaki złota Au |






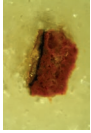
Cd. tab. 1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--|----------------------------------|--|-----------------------------|---|---|--|----------|---|---|
| 3 |  <p>Święty Mateusz, krag A. Möllera</p> | 1590 lub I ćw. XVII w. (?) |  | napis | C, O, Ca, Pb, Al, Pt, Na, Mg, Hg, Fe, Ag, Au | biała zaprawa: kreda CaCO_3 z dodatkami bieli olowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ cynobru HgS , glinokrzemianu potasu – leucytu | szare podmalowanie: czerń roślinna, biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$; jasnoszara warstwa malarska: biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ cynober HgS , czerń roślinna | czerwona | czerwień żelazowa z dodatkami bieli ołowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ minii Pb_3O_4 , spółowo emulsyjne | plaki złota Au |
| 4 |  <p>Sąd Ostateczny, krag A. Möllera</p> | 1603 (?) |  | promienie wokół głowy | C, O, Al, Ca, Cu, Pb, Mg, K, Mn, Fe | brązowa zaprawa: kreda CaCO_3 , żółcień i umbra żelazowa; jasnoszara zaprawa: biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ czerń roślinna; ciemnoszara zaprawa: czerń roślinna, biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ | czerwona warstwa malarska: czerwień żelazowa, minia Pb_3O_4 , biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ | czerwona | czerwień żelazowa, z dodatkami minii Pb_3O_4 i bieli ołowiowej $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb}(\text{OH})_2$ spółowo emulsyjne; wtrone plaki miedziane Cu położono na mikstion | plaki złota Au (?) i wtrone plaki miedziane Cu |


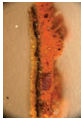

Cd. tab. 1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--|-----------|---|-------------------------------|---------------------------------|--|--|----------|---|---|
| 5 |  <p>Ukrzyżowanie, A. Möller</p> | 1609–1611 |  | promienie wokół postaci | – | ugrowa zaprawa: żółcieni żelazowa, kreda CaCO_3 ; różowa zaprawa: czerwień żelazowa, biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$ kreda CaCO_3 , klej glutynowy | błękitna warstwa malarska: smalta $\text{CoO} \times \text{nK}_2\text{SiO}_3$, biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$, brąz żelazowy, czerń organiczna | błękitna | smalta $\text{CoO} \times$ nK_2SiO_3 , biel ołowiowa 2PbCO_3 $\times \text{Pb(OH)}_2$, brąz żelazowy, czerń organiczna | plaki złota na wyprawie olejno- brązowa patyna |
| 6 |  <p>Epitafium Henss Gronau, A. Möller</p> | 1612 |  | promienie wokół głowy | Al, Si, K, Ca, Fe, Au, Pb | biała zaprawa: kreda CaCO_3 ; brązowa zaprawa: minia Pb_3O_4 , czerń roślinna, kreda CaCO_3 | błękitna warstwa malarska: biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$, czerwień organiczna, smalta | złota | minia Pb_3O_4 , pigmenty żelazowe, smalta $\text{CoO} \times \text{nK}_2\text{SiO}_3$, niewielki dodatek kredy | plaki złota Au |
| 7 |  <p>Portret pastora Ephraima Kerstena</p> | 1691 |  | napis, inskrypcja | Ca, Ba, Hg, Fe, Si, Au | czerwona zaprawa: czerwona glina żelazowa pochodzenia naturalnego, kreda CaCO_3 , czerń roślinna, olej liniowy, kazeina | czarna warstwa malarska: czerń roślinna, biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$ | złota | żółta glina żelazowa pochodzenia naturalnego, czerwona glina żelazowa pochodzenia naturalnego | plaki złota Au |

Cd. tab. 1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|---|------|--|----------------------|--|--|---|-----------|---|----------------------------|
| 8 | <p><i>Portret pastora</i> <i>Teophilusa</i> <i>Junglusa</i></p>  | 1696 |  | napis, inskrypcja | O, C, Na, Al, Si, S, K, Ca, Fe, Ba, Au, Hg, Pb | <p>czzerwona zaprawa: czzerwona glinka zelazowa pochodzenia naturalnego, kreda CaCO₃, czerń roslinna, żółcień olowiowa – glejta PbO</p> | <p>czarna warstwa malarska: czerń roslinna, biel olowiowa 2PbCO₃xPb(OH)₂</p> | czzerwona | <p>cynober HgS, minia Pb3O4, biel olowiowa 2PbCO₃xPb(OH)₂</p> | <p>plakki zlota Au</p> |
| 9 | <p><i>Portret pastora</i> <i>Daniela Schmidta</i></p>  | 1699 |  | napis, inskrypcja | - | <p>czzerwona zaprawa: czzerwona glinka zelazowa pochodzenia naturalnego, kreda CaCO₃, czerń roslinna, żółcień olowiowa – glejta PbO</p> | <p>brązowa warstwa malarska: czerwień pochodzenia naturalnego, czerń roslinna, biel olowiowa 2PbCO₃xPb(OH)₂</p> | żółta | <p>żółta glinka pochodzenia naturalnego, żółcień olowiowa – glejta PbO</p> | <p>plakki zlota Au</p> |
| 10 | <p><i>Portret pastora</i> <i>Michaela Ulmiza</i></p>  | 1706 |  | napis, inskrypcja | Fe, Mn, Ca, Pb, Au | <p>czzerwona zaprawa: czzerwona glinka zelazowa pochodzenia naturalnego, kreda CaCO₃, czerń roslinna, żółcień olowiowa – glejta PbO</p> | <p>biala warstwa podkladowa: biel olowiowa 2PbCO₃xPb(OH)₂</p> | biala | <p>biel olowiowa 2PbCO₃xPb(OH)₂</p> | <p>plakki zlota Au</p> |

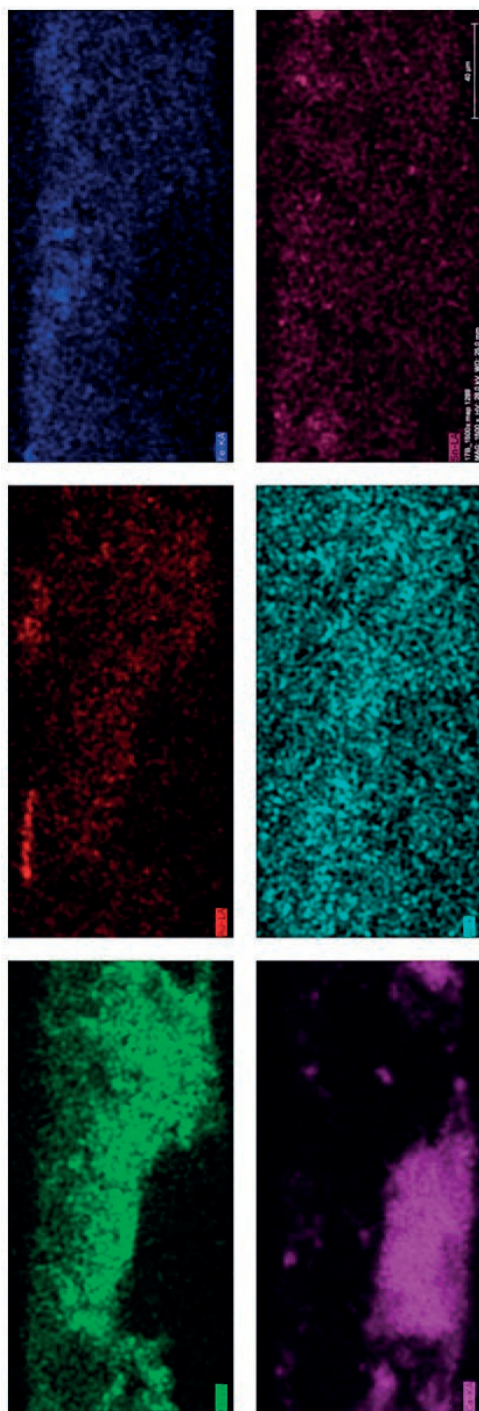
Cd. tab. 1.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|---|------|---|----------------------|-------------------|--|--|-------|---|---------------------------|
| 11 | <p><i>Portret pastora Joannesa Falcia</i></p>  | 1729 |  | napis, inskrypcja | - | <p>czzerwona zaprawa: czzerwona glinka żelazowa pochodzenia naturalnego, kreda Ca CO₃, czerń roślinna, biel ołowiowa 2PbCO₃·xPb(OH)₂, żółcień ołowiowa – glejta PbO</p> | <p>brązowa warstwa malarska: czerwień żelazowa pochodzenia naturalnego, czerń roślinna, biel ołowiowa 2PbCO₃·xPb(OH)₂; czarna warstwa malarska: czerń roślinna</p> | żółta | <p>żółcień ołowiowa – glejta PbO, minia Pb3O4</p> | <p>plaki złota Au</p> |
| 12 | <p><i>Portret pastora Johanna Beniamina Dragheima</i></p>  | 1761 | | napis inskrypcja | Ca, Fe, Pb, Au | <p>czzerwona zaprawa: czzerwona glinka żelazowa pochodzenia naturalnego, kreda Ca CO₃, czerń roślinna, biel ołowiowa 2PbCO₃·xPb(OH)₂, żółcień ołowiowa – glejta PbO</p> | <p>czarna warstwa malarska: czerń roślinna</p> | żółta | <p>żółcień ołowiowa – glejta PbO, czerwień żelazowa pochodzenia naturalnego</p> | <p>plaki złota Au</p> |

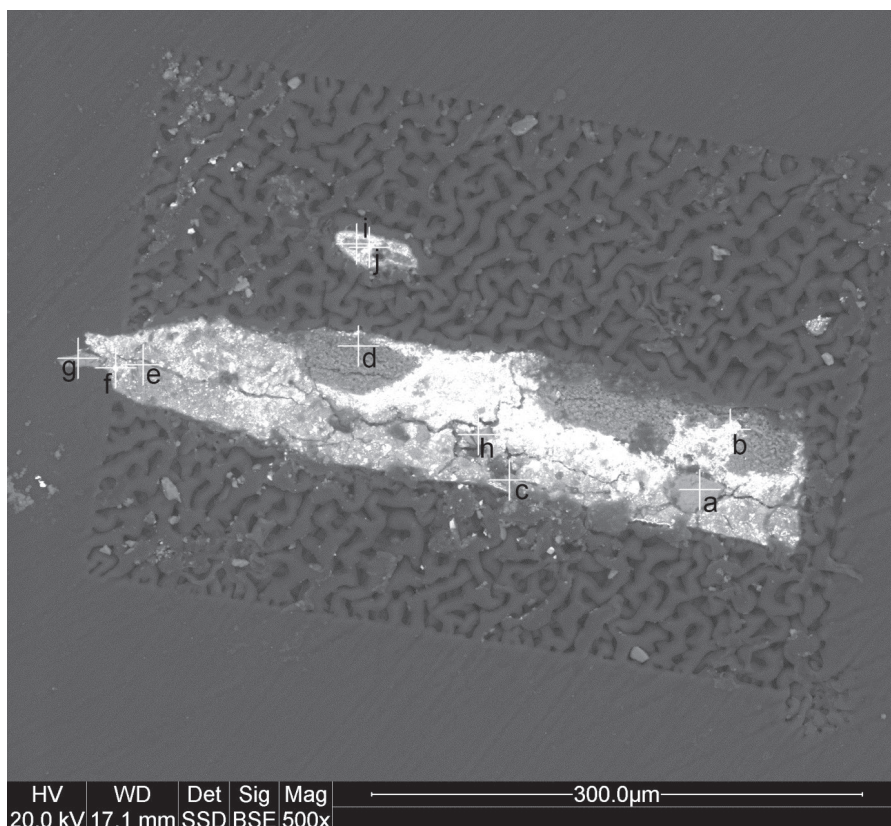


Il. 1. Nr kat. 2 – *Grosz czyniszowy*, A. Möller. Fragment obrazu z zaznaczonym miejscem pobrania próbki do badań. Mikrofotografia przekroju próbki pobranej ze złożonych promieni wokół głowy Chrystusa (VIS). Fot. Bożena Szmelter-Fausek

1 – biała zaprawa: kreda CaCO_3 ; 2 – biała imprimatura: biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$; 3 – brązowe podmalowanie: biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$, smalta $\text{CoO} \times \text{nK}_2\text{SiO}_3$, żółta ochra naturalna; 4 – czerwona warstwa malarska: cynober sztuczny HgS , żółcień cynowo-ołowiowa 2PbOxSnO_2 , ochra naturalna, pigmenty ziemne; 5 – żółta warstwa malarska: żółcień cynowo-ołowiowa 2PbOxSnO_2 , cynober HgS ; 6 – złota folia: Au



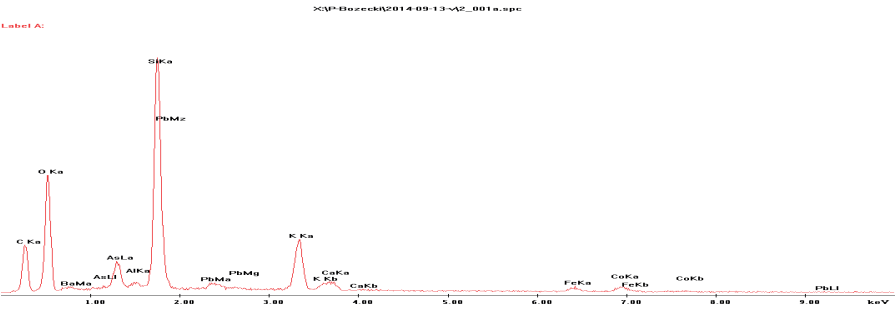
Il. 2. Nr kat. 2 – *Grosz czynszowy*, A. Möller. Fragment próbki z warstwą złocień. Mapping rozkładu pierwiastków: Pb, Au, Fe, Ca, Al, Sn. Powiększenie wg skali. Fot. Grażyna Szczepańska



Il. 3. Nr kat. 2 – *Grosz czynszowy*, A. Möller. Mikroskopowy obraz próbki SEM. Fot. Maciej Pawlikowski

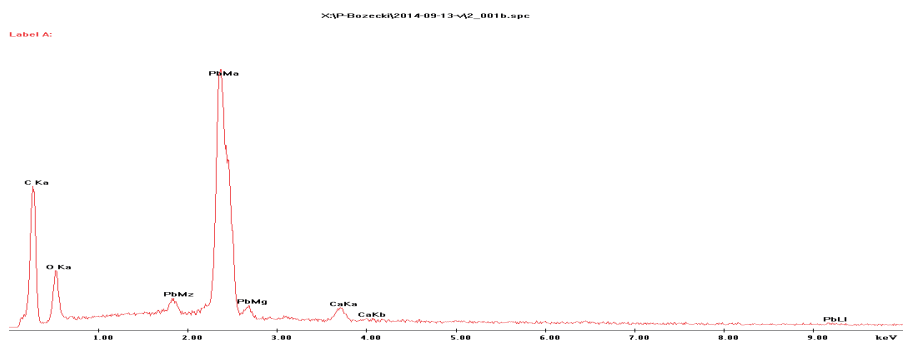
Numery z zaznaczonymi polami – miejsca wykonania analiz. Powiększenie wg skali. Wykryto następujące pierwiastki: C, O, Na, Al, Si, K, Ca, Fe, Co, As, Au, Pb, Cl. Wyniki – zob. punkty a–h

Punkt a – brązowe podmalowanie: niebieskie ziarno smalty, biel ołowiowa



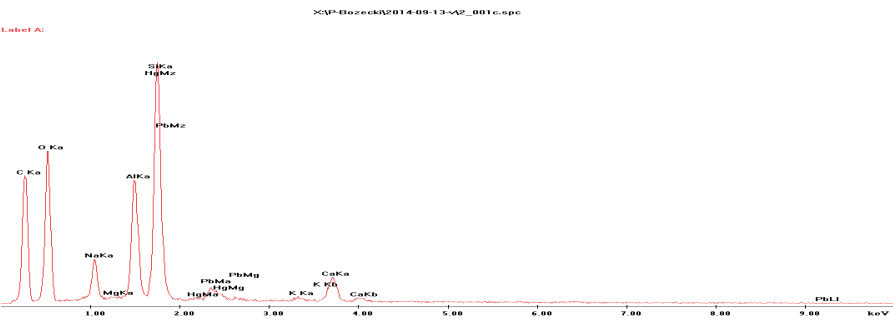
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 27,02 | 44,52 | 0,0584 | 1,0649 | 0,2031 | 1,0003 |
| O | 30,32 | 37,51 | 0,0642 | 1,047 | 0,2023 | 1,0002 |
| As | 3,98 | 1,05 | 0,0244 | 0,8394 | 0,7282 | 1,0034 |
| Al | 0,44 | 0,33 | 0,0026 | 0,9746 | 0,6026 | 1,0061 |
| Si | 15,85 | 11,17 | 0,1134 | 1,003 | 0,7128 | 1,0008 |
| K | 5,24 | 2,65 | 0,0428 | 0,9546 | 0,8542 | 1,0017 |
| Ca | 1,00 | 0,49 | 0,0085 | 0,9765 | 0,8683 | 1,0009 |
| Fe | 1,17 | 0,41 | 0,0103 | 0,8909 | 0,9837 | 1,0080 |
| Co | 1,75 | 0,59 | 0,0154 | 0,8734 | 0,9901 | 1,0124 |
| Pb | 13,23 | 1,26 | 0,0866 | 0,6372 | 1,027 | 1,0000 |

Punkt b – biała imprimatura: biel ołowiowa z domieszkami kredy CaCO_3 – cerusa



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 38,61 | 76,38 | 0,1273 | 1,1317 | 0,2913 | 1,0001 |
| O | 11,65 | 17,30 | 0,0214 | 1,1123 | 0,165 | 1,0000 |
| Ca | 1,29 | 0,77 | 0,0102 | 1,0447 | 0,758 | 1,0000 |
| Pb | 48,45 | 5,56 | 0,3525 | 0,7135 | 1,0198 | 1,0000 |

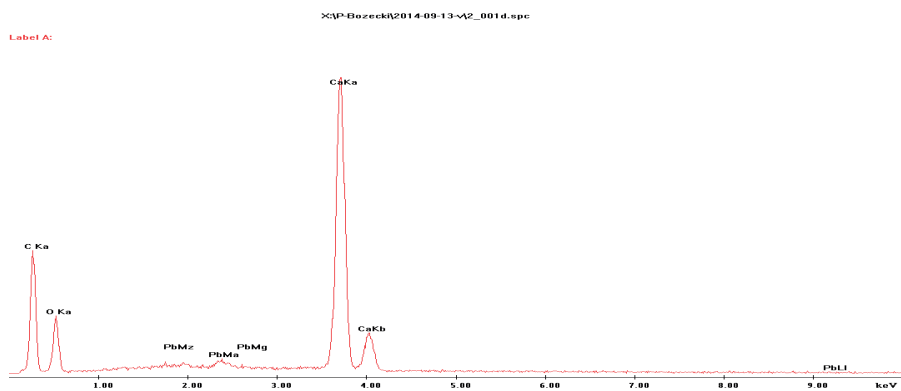
Punkt c – żółta warstwa: cynober, biel ołowiowa



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 44,76 | 58,95 | 0,1145 | 1,0302 | 0,2481 | 1,0003 |
| O | 28,38 | 28,06 | 0,0576 | 1,013 | 0,2002 | 1,0002 |
| Na | 2,81 | 1,93 | 0,0118 | 0,9482 | 0,4414 | 1,0021 |
| Mg | 0,10 | 0,07 | 0,0006 | 0,9721 | 0,5718 | 1,0042 |
| Al | 5,92 | 3,47 | 0,0402 | 0,9436 | 0,7153 | 1,0049 |
| Si | 11,18 | 6,30 | 0,0827 | 0,9712 | 0,7614 | 1,0003 |
| Hg | 0,44 | 0,04 | 0,0034 | 0,6694 | 1,146 | 1,0001 |
| K | 0,27 | 0,11 | 0,0023 | 0,92 | 0,9348 | 1,0035 |
| Ca | 1,90 | 0,75 | 0,0171 | 0,9419 | 0,9573 | 1,0000 |
| Pb | 4,24 | 0,32 | 0,0264 | 0,6049 | 1,0318 | 1,0000 |

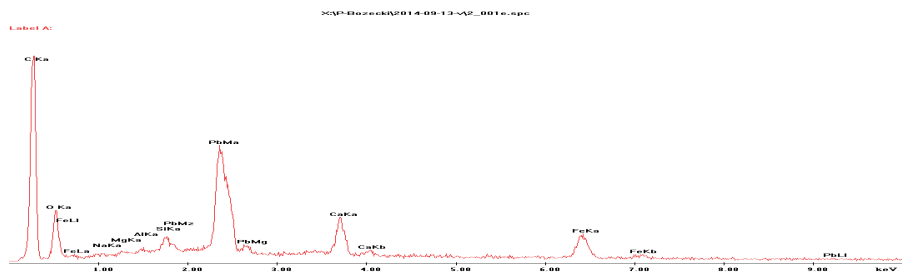
[202]

Punkt d – biała zaprawa: kreda CaCO_3 – cerusa z domieszkami bieli ołowiowej z warstwy im-primatury



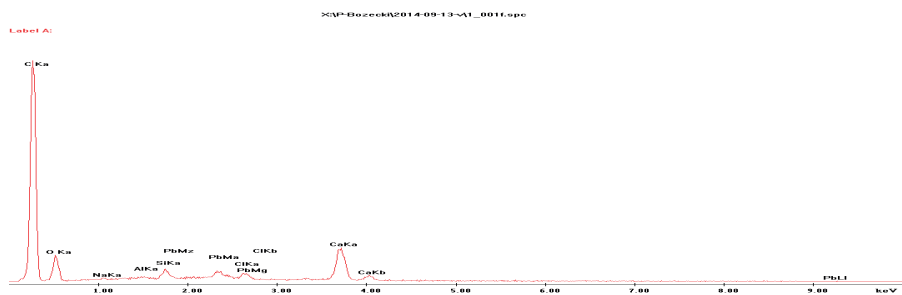
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 34,51 | 53,45 | 0,1647 | 1,043 | 0,4573 | 1,0005 |
| O | 25,59 | 29,75 | 0,0333 | 1,0254 | 0,1268 | 1,0000 |
| Ca | 35,30 | 16,38 | 0,3333 | 0,9549 | 0,9887 | 1,0000 |
| Pb | 4,60 | 0,41 | 0,0291 | 0,6168 | 1,0257 | 1,0000 |

Punkt e – czerwona warstwa: biel ołowiowa, ochra naturalna, domieszki pierwiastka Ca



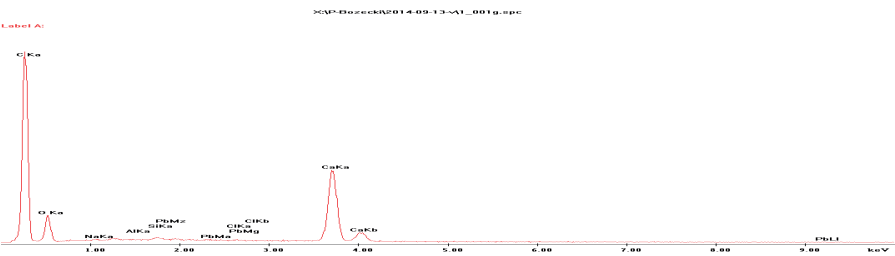
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 51,00 | 79,73 | 0,1902 | 1,0792 | 0,3455 | 1,0001 |
| O | 11,55 | 13,56 | 0,0201 | 1,061 | 0,164 | 1,0001 |
| Na | 0,21 | 0,17 | 0,0007 | 0,9926 | 0,3516 | 1,0001 |
| Mg | 0,19 | 0,15 | 0,001 | 1,0174 | 0,4815 | 1,0002 |
| Al | 0,17 | 0,12 | 0,001 | 0,9874 | 0,6126 | 1,0004 |
| Si | 0,68 | 0,46 | 0,0051 | 1,016 | 0,727 | 1,0004 |
| Ca | 3,27 | 1,53 | 0,0278 | 0,9917 | 0,8556 | 1,0017 |
| Fe | 5,30 | 1,78 | 0,0473 | 0,9086 | 0,9734 | 1,0089 |
| Pb | 27,62 | 2,50 | 0,1859 | 0,6577 | 1,0234 | 1,0000 |

Punkt f – czerwona warstwa: biel ołowiowa i domieszki pierwiastków Na, Al, Si, Cl, Ca



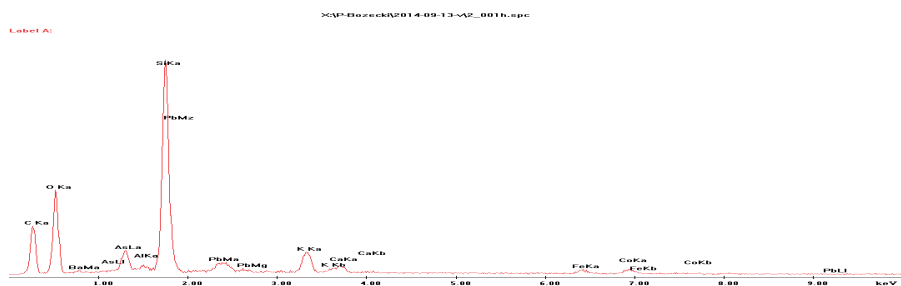
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 74,91 | 84,69 | 0,4357 | 1,0143 | 0,5734 | 1,0001 |
| O | 14,60 | 12,40 | 0,0215 | 0,9974 | 0,1479 | 1,0000 |
| Na | 0,17 | 0,10 | 0,0007 | 0,9338 | 0,4555 | 1,0003 |
| Al | 0,20 | 0,10 | 0,0014 | 0,9293 | 0,7637 | 1,0011 |
| Si | 0,75 | 0,36 | 0,0062 | 0,9566 | 0,8677 | 1,0014 |
| Cl | 0,72 | 0,28 | 0,0063 | 0,897 | 0,9742 | 1,0064 |
| Ca | 5,53 | 1,87 | 0,0518 | 0,9264 | 1,0115 | 1,0000 |
| Pb | 3,12 | 0,20 | 0,0191 | 0,5926 | 1,0332 | 1,0000 |

Punkt g – żółta warstwa: kreda, biel ołowiowa



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 66,66 | 79,36 | 0,4146 | 1,018 | 0,611 | 1,0002 |
| O | 17,34 | 15,50 | 0,0244 | 1,001 | 0,1408 | 1,0000 |
| Na | 0,15 | 0,09 | 0,0006 | 0,9371 | 0,4247 | 1,0003 |
| Al | 0,05 | 0,03 | 0,0003 | 0,9326 | 0,7341 | 1,0014 |
| Si | 0,24 | 0,12 | 0,0019 | 0,9599 | 0,8459 | 1,0027 |
| Cl | 0,04 | 0,02 | 0,0004 | 0,9008 | 0,9779 | 1,0162 |
| Ca | 13,27 | 4,74 | 0,1257 | 0,9301 | 1,0177 | 1,0000 |
| Pb | 2,26 | 0,16 | 0,0139 | 0,5954 | 1,0318 | 1,0000 |

Punkt h – brązowe podmalowanie: smalta, biel ołowiowa, żółta ochra



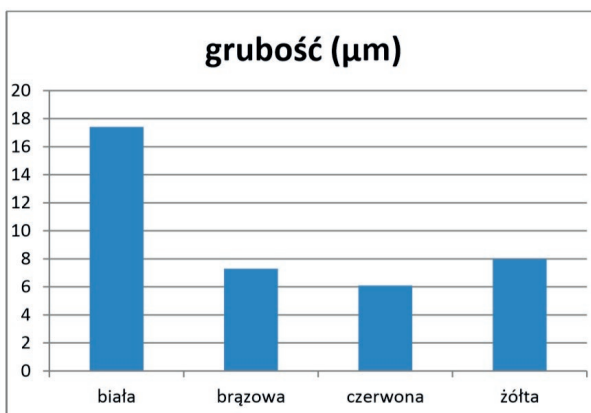
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 33,17 | 52,15 | 0,0744 | 1,0592 | 0,2118 | 1,0002 |
| O | 26,81 | 31,64 | 0,0552 | 1,0413 | 0,1977 | 1,0002 |
| Al | 0,50 | 0,35 | 0,0032 | 0,9695 | 0,6496 | 1,0070 |
| Si | 16,97 | 11,41 | 0,1286 | 0,9977 | 0,7594 | 1,0005 |
| K | 2,97 | 1,43 | 0,0241 | 0,9493 | 0,854 | 1,0018 |
| Ca | 1,05 | 0,49 | 0,009 | 0,9711 | 0,8768 | 1,0009 |
| Fe | 1,18 | 0,40 | 0,0104 | 0,8859 | 0,9852 | 1,0067 |
| Co | 1,75 | 0,56 | 0,0152 | 0,8686 | 0,9912 | 1,0104 |
| As | 0,81 | 0,20 | 0,0066 | 0,811 | 1,0021 | 1,0000 |
| Pb | 14,80 | 1,35 | 0,0963 | 0,6337 | 1,0268 | 1,0000 |

II. 4. Nr kat. 2 – *Grosz czynszowy*, A. Möller. Średnia grubość warstw malarskich. Rys. Maciej Pawlikowski

A – wyniki oznaczeń średniej grubości warstw malarskich

| średnia grubość warstw | |
|------------------------|---------------------------|
| nr próbki | 2 |
| kolor warstwy | grubość (μm) |
| biała | 17,4 |
| brązowa | 7,3 |
| czerwona | 6,1 |
| żółta | 8 |

B – wykres pomiarów średniej grubości warstw malarskich

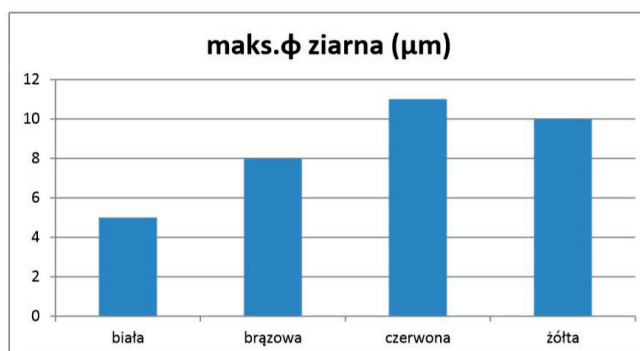


II. 5. Nr kat. 2 – Grosz czynszowy, A. Möller. Uziarnienie pigmentów mineralnych w farbach. Rys. Maciej Pawlikowski

A – wyniki oznaczeń średniej wielkości ziaren pigmentów mineralnych w farbach

| opis ziaren pigmentów | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| nr próbki | 2 |
| warstwa | Max. ϕ ziarna (μm) |
| biała | 5 |
| brązowa | 8 |
| czerwona | 11 |
| żółta | 10 |

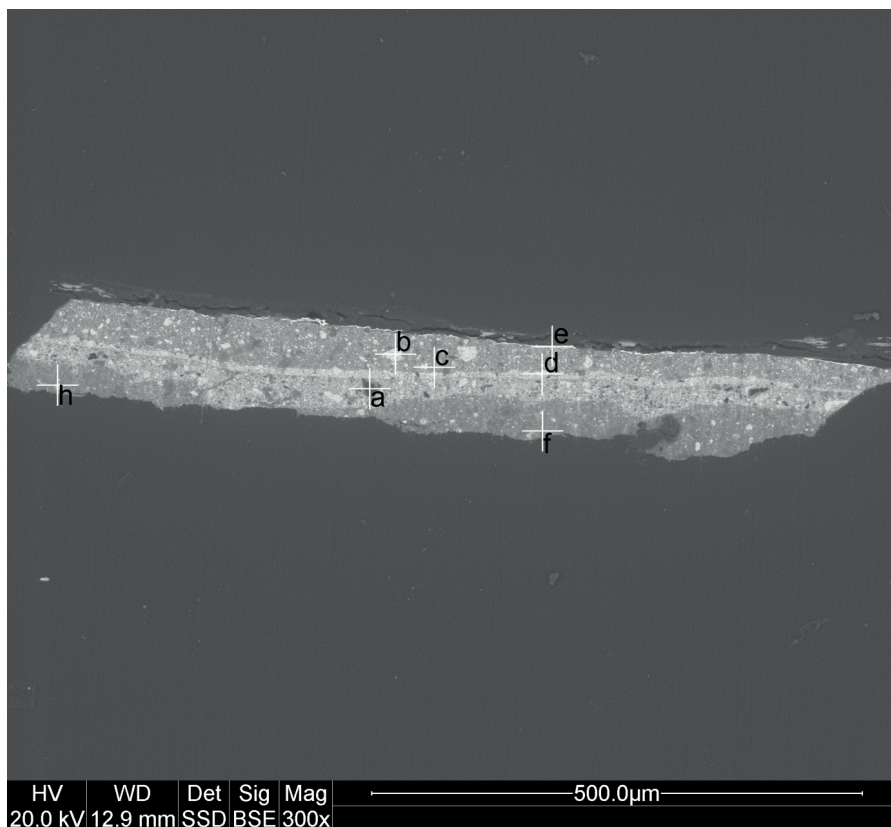
B – wykres pomiarów średniej wielkości ziaren mineralnych w farbach





Il. 6. Nr kat. 3 – *Święty Mateusz*. Fragment obrazu z zaznaczonym miejscem pobrania próbki do badań. Mikrofotografia przekroju próbki pobranej ze złożonej (VIS). Fot. Bożena Szmelter-Fausek

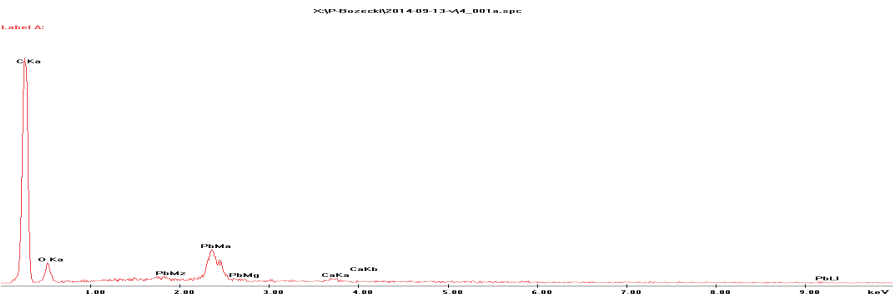
1 – biała zaprawa: kreda CaCO_3 , biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$, cynober HgS , glino-krzemian potasu (leucyt); 2 – szare podmalowanie: czerni roślinna, biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$; 3 – jasnoszara warstwa: biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$, cynober HgS , czerni roślinna; 4 – czerwona warstwa malarska: czerwien żelazowa, minia Pb_3O_4 , biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$; 5 – złota folia: Au



Il. 7. Nr kat. 3 – *Święty Mateusz*. Mikroskopowy obraz próbki SEM. Fot. Maciej Pawlikowski

Numery z zaznaczonymi polami – miejsca wykonania analiz. Powiększenie wg skali. Wykryto następujące pierwiastki: C, O, Ca, Pb, Al, Pt, Na, Mg, Hg, Fe, Ag, Au. Wyniki – zob. punkty a–h

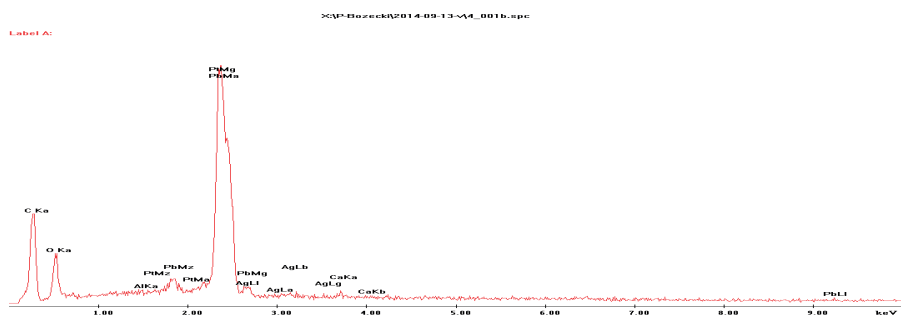
Punkt a – szara warstwa: biel ołowiowa, czerń roślinna



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 77,58 | 89,79 | 0,4734 | 1,0252 | 0,5952 | 1,0001 |
| O | 10,66 | 9,26 | 0,0168 | 1,0081 | 0,1561 | 1,0000 |
| Ca | 0,55 | 0,19 | 0,0049 | 0,9377 | 0,9652 | 1,0000 |
| Pb | 11,21 | 0,75 | 0,0699 | 0,6055 | 1,0301 | 1,0000 |

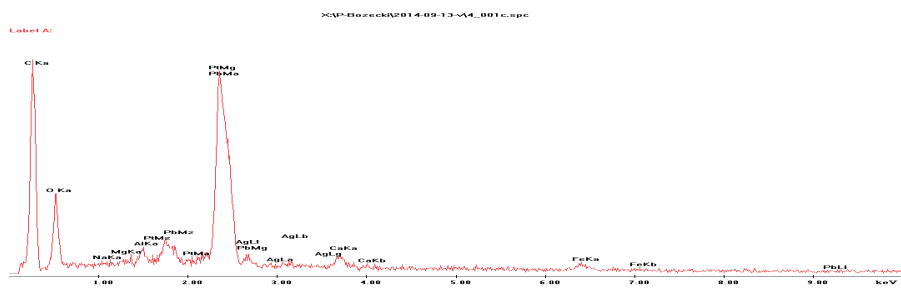
[212]

Punkt b – czerwona warstwa: ziarno pigmentu czerwonego (czerwień ołowiowa – minia) z domieszką platyny i wapnia

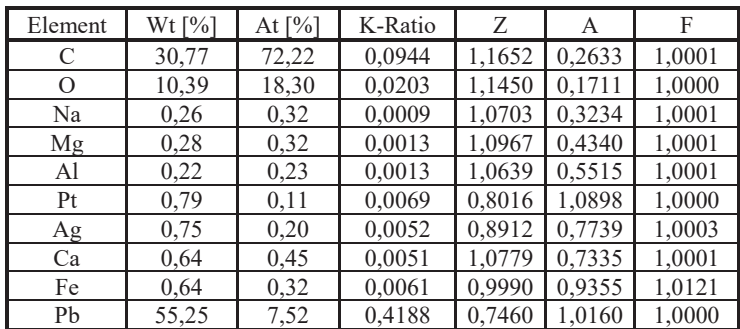


| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 31,91 | 72,93 | 0,0991 | 1,1614 | 0,2675 | 1,0001 |
| O | 11,23 | 19,27 | 0,0221 | 1,1413 | 0,1724 | 1,0000 |
| Al | 0,09 | 0,09 | 0,0005 | 1,0605 | 0,5594 | 1,0000 |
| Pt | 1,04 | 0,15 | 0,0091 | 0,7988 | 1,0994 | 1,0000 |
| Ca | 0,31 | 0,21 | 0,0025 | 1,0743 | 0,7359 | 1,0000 |
| Pb | 55,42 | 7,34 | 0,4186 | 0,7431 | 1,0164 | 1,0000 |

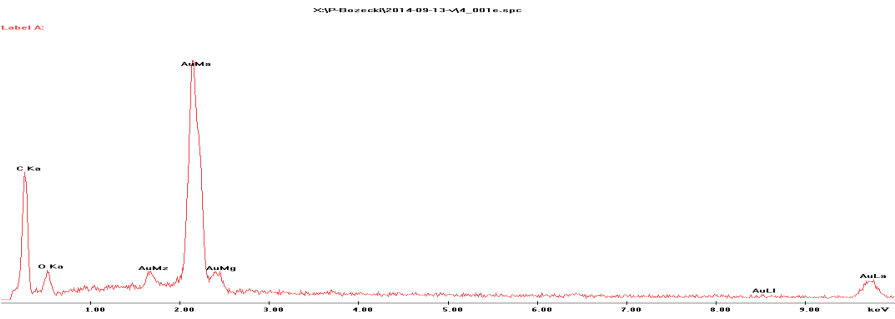
Punkt c – czerwona warstwa malarska: minia z domieszką żelaza (hematyt) i ze śladami magnezu



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 45,92 | 77,29 | 0,1650 | 1,0975 | 0,3273 | 1,0001 |
| O | 13,75 | 17,38 | 0,0257 | 1,0788 | 0,1734 | 1,0000 |
| Na | 0,13 | 0,11 | 0,0005 | 1,0091 | 0,3606 | 1,0001 |
| Mg | 0,20 | 0,16 | 0,0010 | 1,0343 | 0,4870 | 1,0002 |
| Al | 0,60 | 0,45 | 0,0037 | 1,0036 | 0,6132 | 1,0001 |
| Ca | 0,91 | 0,46 | 0,0075 | 1,0103 | 0,8188 | 1,0004 |
| Fe | 1,48 | 0,53 | 0,0134 | 0,9286 | 0,9640 | 1,0109 |
| Pb | 37,02 | 3,61 | 0,2564 | 0,6781 | 1,0216 | 1,0000 |



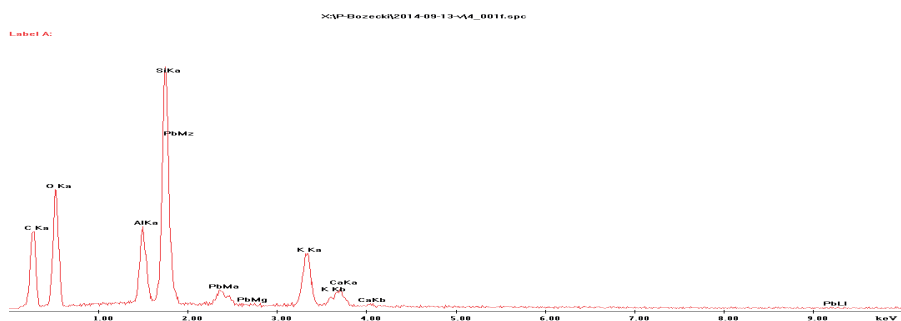
Punkt e – złota folia zanieczyszczona klejem organicznym



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 42,28 | 84,07 | 0,1312 | 1,1357 | 0,2733 | 1,0000 |
| O | 6,51 | 9,72 | 0,0122 | 1,1162 | 0,1679 | 1,0000 |
| Au | 51,21 | 6,21 | 0,3869 | 0,7393 | 1,0218 | 1,0000 |

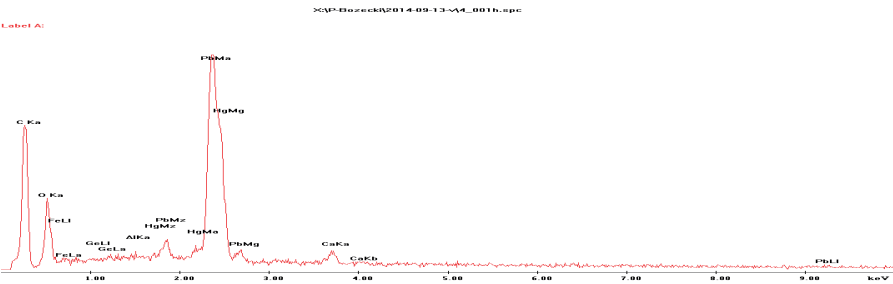
[216]

Punkt f – biała warstwa zaprawy o odcieniu jasnoniebieskim: glinokrzemian potasu (leucyt),
kreda CaCO_3



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 37,69 | 52,62 | 0,0913 | 1,0354 | 0,2339 | 1,0003 |
| O | 30,74 | 32,22 | 0,0621 | 1,0181 | 0,1983 | 1,0002 |
| Al | 4,83 | 3,00 | 0,0337 | 0,9482 | 0,7304 | 1,0070 |
| Si | 14,67 | 8,76 | 0,1126 | 0,9759 | 0,7856 | 1,0011 |
| K | 5,20 | 2,23 | 0,0448 | 0,9252 | 0,9282 | 1,0029 |
| Ca | 1,81 | 0,76 | 0,0159 | 0,9470 | 0,9299 | 1,0000 |
| Pb | 5,06 | 0,41 | 0,0317 | 0,6093 | 1,0292 | 1,0000 |

Punkt h – zaprawa: ziarno cynobru z domieszką żelaza (hematyt), biel ołowiowa



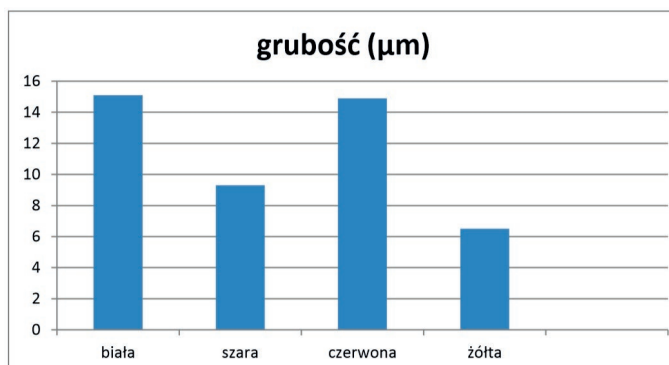
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 38,87 | 74,31 | 0,1292 | 1,1220 | 0,2962 | 1,0001 |
| O | 12,97 | 18,62 | 0,0252 | 1,1028 | 0,1760 | 1,0001 |
| Fe | 3,49 | 1,44 | 0,0110 | 0,9452 | 0,3329 | 1,0000 |
| Ge | 0,29 | 0,09 | 0,0015 | 0,8853 | 0,5795 | 1,0000 |
| Al | 0,17 | 0,14 | 0,0010 | 1,0255 | 0,5792 | 1,0001 |
| Hg | 1,99 | 0,23 | 0,0174 | 0,7486 | 1,1677 | 1,0000 |
| Ca | 1,07 | 0,61 | 0,0087 | 1,0347 | 0,7894 | 1,0009 |
| Pb | 41,15 | 4,56 | 0,2943 | 0,7018 | 1,0189 | 1,0000 |

II. 8. Nr kat. 3 – *Święty Mateusz*. Średnia grubość warstw malarskich. Rys. Maciej Pawłowski

A – wyniki oznaczeń średniej grubości warstw malarskich

| średnia grubość warstw | |
|------------------------|---------------------------|
| nr próbki | 3 |
| kolor warstwy | grubość (μm) |
| biała | 15,1 |
| szara | 9,3 |
| czerwona | 14,9 |
| żółta | 6,5 |

B – wykres pomiarów średniej grubości warstw malarskich

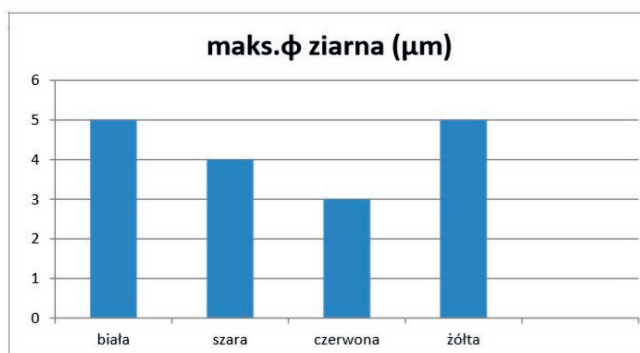


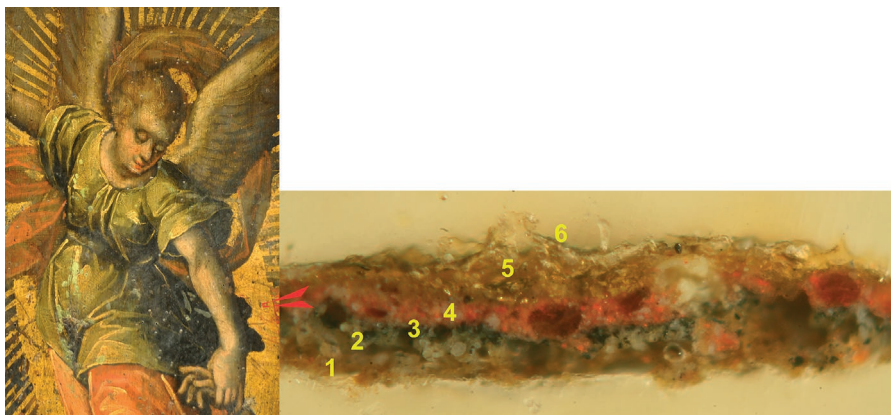
II. 9. Nr kat.. 3 – *Święty Mateusz*. Uziarnienie pigmentów mineralnych w farbach. Rys. Maciej Pawlikowski

A – wyniki oznaczeń średniej wielkości ziaren pigmentów mineralnych w farbach

| opis ziaren pigmentów | |
|-----------------------|--------------------|
| nr próbki | 3 |
| warstwa | maks.φ ziarna (μm) |
| biała | 5 |
| szara | 4 |
| czerwona | 3 |
| żółta | 5 |

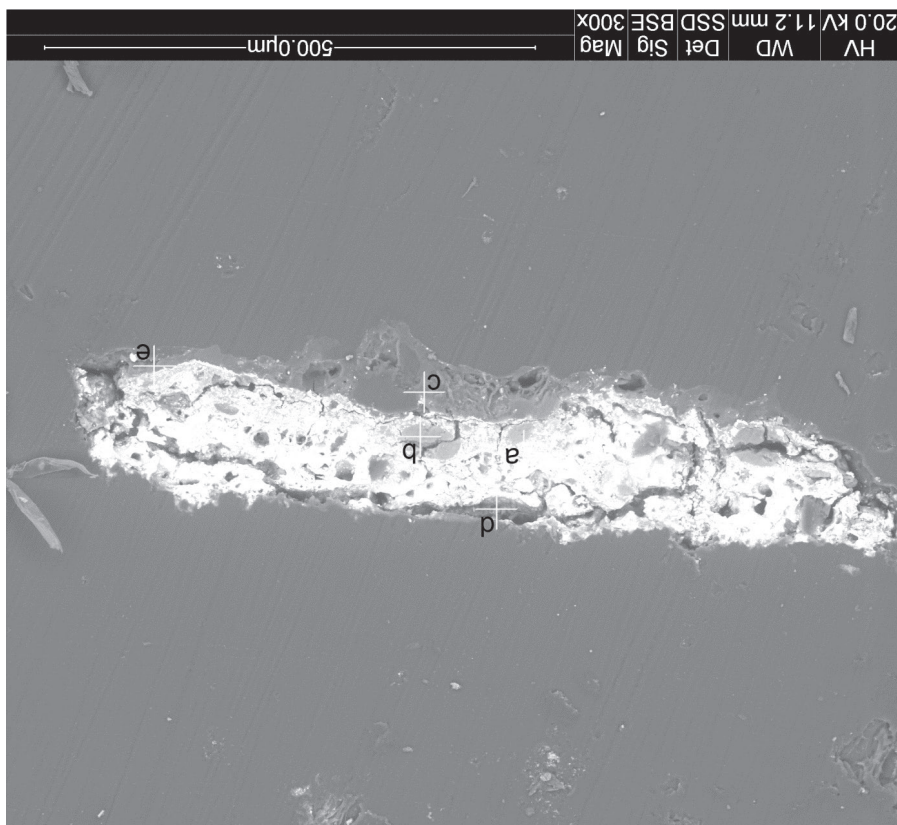
B – wykres pomiarów średniej wielkości ziaren mineralnych w farbach





II. 10. Nr kat 4 – *Sąd Ostateczny*. Fragment obrazu z zaznaczonym miejscem pobrania próbki do badań. Mikrofotografia przekroju próbki pobranej ze złożonych promieni wokół postaci Archanioła Michała (VIS). Fot. Bożena Szmelter-Fausek

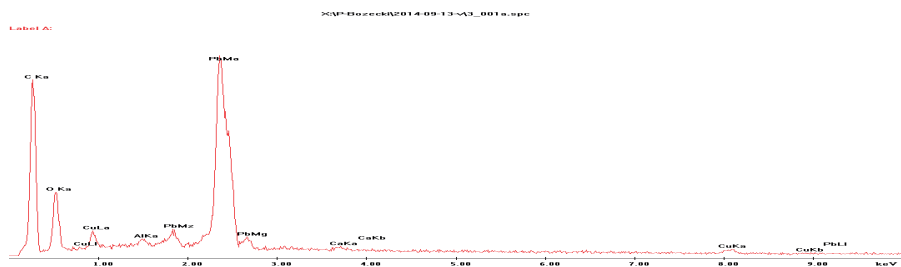
1 – brązowa zaprawa: kreda CaCO_3 , żółcień i umbra żelazowa; 2 – jasnoszara warstwa zaprawy: biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$, czerń roślinna; 3 – ciemnoszara warstwa: czerń roślinna, biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$; 4 – czerwona warstwa malarska: czerwień żelazowa, minia Pb_3O_4 , biel ołowiowa $2\text{PbCO}_3 \times \text{Pb(OH)}_2$; 5 – żółta warstwa (mikstion?) – związki miedzi i ołowiu; 6 – żółta folia



Il. 11. Nr kat. 4 – *Sqd Ostateczny*. Mikroskopowy obraz próbki SEM. Fot. Maciej Pawlikowski

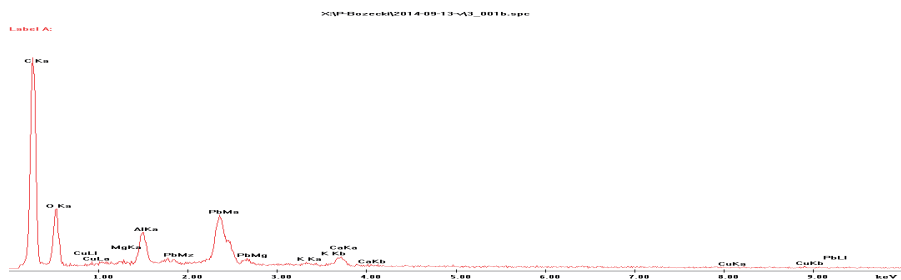
Numery z zaznaczonymi polami – miejsca wykonania analiz. Powiększenie wg skali. Wykryto następujące pierwiastki: C, O, Al, Ca, Cu, Pb, Mg, K, Mn, Fe. Wyniki – zob. punkty a–e

Punkt a – czerwona warstwa: minia, biel ołowiowa z domieszką wapna



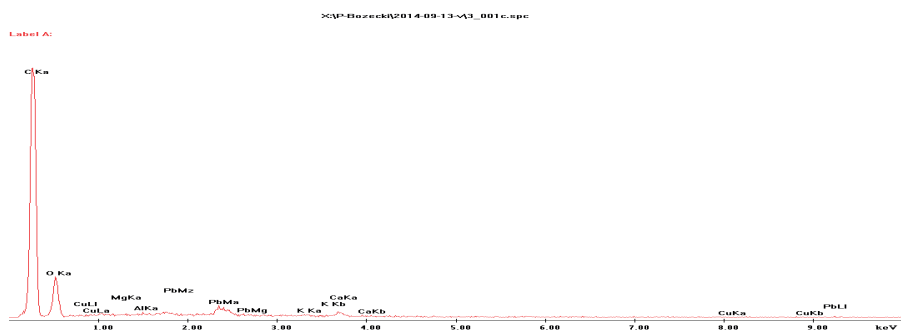
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 77,58 | 89,79 | 0,4734 | 1,0252 | 0,5952 | 1,0001 |
| O | 10,66 | 9,26 | 0,0168 | 1,0081 | 0,1561 | 1,0000 |
| Ca | 0,55 | 0,19 | 0,0049 | 0,9377 | 0,9652 | 1,0000 |
| Pb | 11,21 | 0,75 | 0,0699 | 0,6055 | 1,0301 | 1,0000 |

Punkt b – czerwona warstwa: minia, domieszki pigmentu ziemnego (Mg, Al, K), biel ołowiowa z domieszką wapna (kalcytu) i miedzi



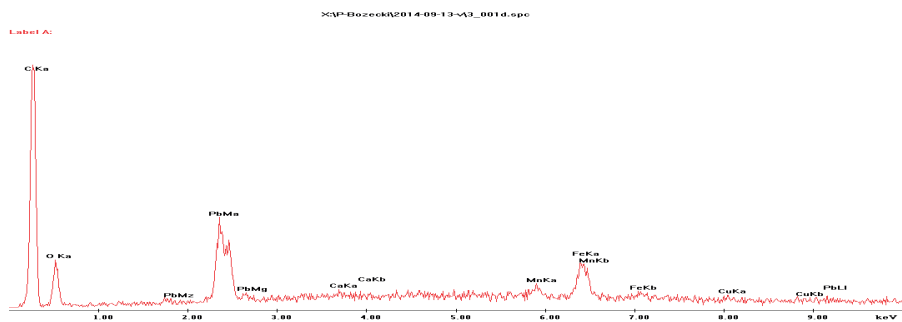
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 62,30 | 78,11 | 0,2885 | 1,0355 | 0,4472 | 1,0002 |
| O | 19,98 | 18,81 | 0,0348 | 1,0181 | 0,1713 | 1,0000 |
| Mg | 0,16 | 0,10 | 0,0009 | 0,9770 | 0,5690 | 1,0008 |
| Al | 2,49 | 1,39 | 0,0167 | 0,9483 | 0,7063 | 1,0001 |
| K | 0,32 | 0,12 | 0,0027 | 0,9261 | 0,9203 | 1,0019 |
| Ca | 1,17 | 0,44 | 0,0104 | 0,9478 | 0,9400 | 1,0001 |
| Cu | 0,26 | 0,06 | 0,0022 | 0,8354 | 1,0055 | 1,0302 |
| Pb | 13,33 | 0,97 | 0,0844 | 0,6144 | 1,0300 | 1,0000 |

Punkt c – warstwa żółta: minia ze śladowymi domieszkami miedzi Cu oraz z pierwiastkami Mg, Al, K



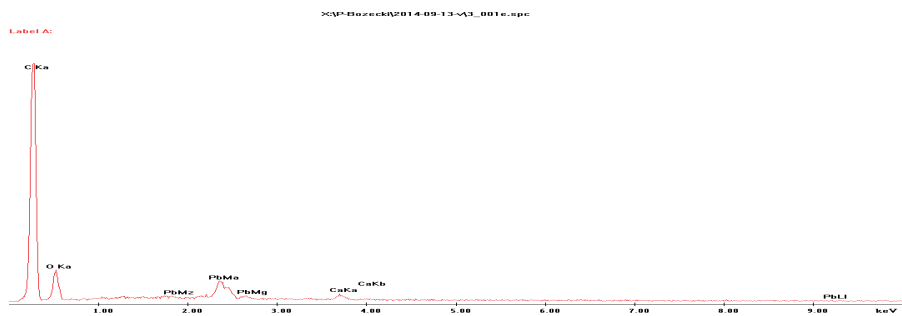
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 74,65 | 83,12 | 0,4868 | 1,0140 | 0,6430 | 1,0001 |
| O | 19,34 | 16,17 | 0,0318 | 0,9971 | 0,1651 | 1,0000 |
| Mg | 0,08 | 0,04 | 0,0004 | 0,9570 | 0,6169 | 1,0001 |
| Al | 0,14 | 0,07 | 0,0010 | 0,9290 | 0,7582 | 1,0001 |
| K | 0,19 | 0,06 | 0,0017 | 0,9045 | 0,9950 | 1,0017 |
| Ca | 0,60 | 0,20 | 0,0056 | 0,9262 | 1,0029 | 1,0000 |
| Cu | 0,11 | 0,02 | 0,0009 | 0,8119 | 1,0139 | 1,0236 |
| Pb | 4,90 | 0,32 | 0,0300 | 0,5932 | 1,0330 | 1,0000 |

Punkt d – warstwa brązowej zaprawy: ciemnoczerwona – ołowiowa minia zmieszana z umbrą żelazową (tlenki żelaza i manganu pogłębiające ciemny odcień)



| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 42,31 | 82,84 | 0,1383 | 1,1302 | 0,2892 | 1,0001 |
| O | 5,90 | 8,68 | 0,0110 | 1,1108 | 0,1671 | 1,0002 |
| Ca | 0,50 | 0,29 | 0,0041 | 1,0426 | 0,7799 | 1,0019 |
| Mn | 1,69 | 0,72 | 0,0150 | 0,9408 | 0,9367 | 1,0077 |
| Fe | 5,08 | 2,14 | 0,0471 | 0,9615 | 0,9523 | 1,0118 |
| Cu | 1,05 | 0,39 | 0,0099 | 0,9395 | 0,9742 | 1,0341 |
| Pb | 43,48 | 4,94 | 0,3135 | 0,7085 | 1,0178 | 1,0000 |

Punkt e – warstwa czerwona: minia zmieszana z białą ołowiową



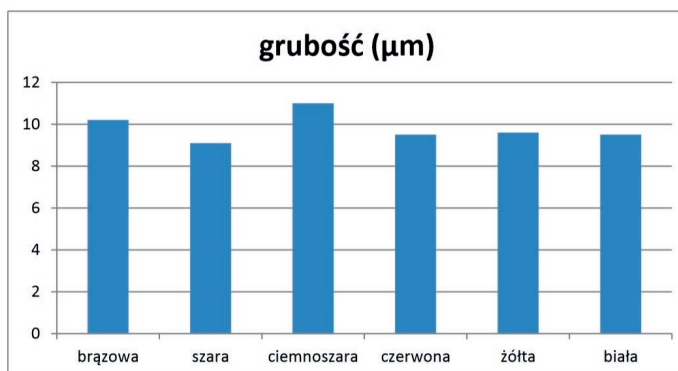
| Element | Wt [%] | At [%] | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| C | 74,85 | 85,86 | 0,4604 | 1,0214 | 0,6022 | 1,0001 |
| O | 15,42 | 13,27 | 0,0247 | 1,0043 | 0,1597 | 1,0000 |
| Ca | 0,79 | 0,27 | 0,0073 | 0,9337 | 0,9776 | 1,0000 |
| Pb | 8,94 | 0,59 | 0,0555 | 0,6012 | 1,0318 | 1,0000 |

II. 12. Nr kat. 4 – *Sąd Ostateczny*. Średnia grubość warstw malarskich. Rys. Maciej Pawlikowski

A – wyniki oznaczeń średniej grubości warstw malarskich

| średnia grubość warstw | |
|------------------------|---------------------------|
| nr próbki | 4 |
| kolor warstwy | grubość (μm) |
| brązowa | 10,2 |
| szara | 9,1 |
| ciemnoszara | 11 |
| czerwona | 9,5 |
| żółta | 9,6 |
| biała | 9,5 |

B – wykres pomiarów średniej grubości warstw malarskich



Il. 13. Nr kat. 4 – *Sqd Ostateczny*. Uziarnienie pigmentów mineralnych w farbach. Rys. Maciej Pawlikowski

A – wyniki oznaczeń średniej wielkości ziaren pigmentów mineralnych w farbach

| opis ziaren pigmentów | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| nr próbki | 4 |
| warstwa | maks. ϕ ziarna (μm) |
| brązowa | 3 |
| szara | 5 |
| ciemnoszara | 6 |
| czerwona | 5 |
| żółta | 4 |
| biała | 7 |

B – wykres pomiarów średniej wielkości ziaren mineralnych w farbach

